

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Použití tlakového relé v pneumatických systémech

Use of Pressure Relay in Pneumatic Systems

Student:	David Kolář
Osobní číslo:	KOL0418
Vedoucí práce:	Ing. Kamil Fojtášek, Ph.D. FOJ077
Ostrava 2020	

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **David Kolář**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení**
Téma: **Použití tlakového relé v pneumatických systémech**
Use of Pressure Relay in Pneumatic Systems
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

- 1) Uveďte popis a funkci tlakových relé (tlakem spínaných rozváděčů) v pneumatických systémech.
- 2) Pro vybraný případ navrhnete obvod s tlakovým relé a alternativní řešení.
- 3) Navržené obvody prakticky realizujte a ověřte jejich funkci.


Seznam doporučené odborné literatury:

KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy Díl I. - Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2005. 275 s. ISBN 80-248-0879-X.
KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training - Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
CAMOZZI COMPETENCE CENTRE. *Pneumatic Automation From Basic Principles to Practical Techniques.*, Brescia: Camozzi Automation S.p.A., 2019, 215 p.
MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. *Fundamentals of Fluid Power Part 2: Pneumatics*. Aachen: Shaker Verlag, 2014. 333 p. ISBN 978-3-8440-3213-0.
Odborné příspěvky a internetové zdroje zabývající se danou problematikou.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kamil Fojtášek, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019
Datum odevzdání: 18.05.2020


doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020.



.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.května 2020.



Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Kolář David

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Myslík 141
Palkovice 739 41

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Kamilu Fojtáškoví, Ph.D. za odborné rady, cenné připomínky, trpělivost a vedení při tvorbě této bakalářské práce. Dále děkuji všem pedagogům z univerzity, kteří mi předali důležité informace a taky své rodině, spolužákům a přátelům za podporu.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉPRÁCE

KOLÁŘ, D. *Použití tlakového relé v pneumatických systémech: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2020, 51 s. Vedoucí práce: Ing. Kamil Fojtášek, Ph.D.

Tato bakalářská práce se zabývá popisem tlakového relé a použitím tohoto prvku v pneumatických systémech. Úvodní část práce obsahuje teoretický popis pneumatických rozváděčů, elektrického relé a tlakového relé. Dále lze v úvodní části najít zmínku o typech tlakových relé různých výrobců a také popis obdobně fungujícího prvku, kterým je tlakový spínač. V další části práce jsou navrženy a popsány pneumatické obvody, které pro svou činnost používají tlakové relé. Následně jsou tři z navržených obvodů odzkoušeny na praktikátoru firmy SMC. Závěrečná část práce obsahuje praktické příklady použití tlakového relé.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KOLÁŘ, D. *Use of Pressure Relay in Pneumatic Systems: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2020, 51 p. Thesis head: Ing. Kamil Fojtášek, Ph.D.

This bachelor thesis deals with description of a pressure relay and its use in pneumatic systems. Introductory part contains of a theoretical description of pneumatic valves, electrical relay and pressure relay. Secondly, there is information about various types of pressure relays from different manufacturers and a description of similarly working pressure switch. In the following part of the thesis pneumatic systems that use pressure relays for their functioning are designed and described. Three of them are then tested in Pneutrainner by SMC. Finally, there are a few practical examples of pressure relay's use.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
1 ÚVOD.....	11
2 FUNKCE TLAKOVÉHO RELÉ V PNEUMATICKÝCH SYSTÉMECH.....	12
2.1 Rozváděče	12
2.2 Elektrické relé	14
2.3 Tlakové relé.....	15
2.3.1 Tlakové relé v kombinaci s jinými pneumatickými prvky	16
2.3.2 Model tlakového relé	18
2.3.3 Srovnání tlakových relé firem Aventics a Festo	21
2.3.4 Uzavírací ventil firmy SMC	23
2.4 Použití tlakového spínače.....	25
2.4.1 Tlakový spínač N.C.	26
2.4.2 Tlakový spínač N.O.	27
3 PNEUMATICKÉ OBVODY S TLAKOVÝM RELÉ	28
3.1 Varianta č. 1	28
3.2 Varianta č. 2	29
3.3 Varianta č. 3	30
3.4 Varianta č. 4	31
3.5 Varianta č. 5	33
3.6 Varianta č. 6	34
3.7 Varianta č. 7	35
3.8 Varianta č. 8	36
3.9 Varianta č. 9	37
3.10 Varianta č.10	38
4 PRAKTICKÁ REALIZACE NAVRŽENÝCH OBVODŮ.....	40
4.1 Praktická realizace varianty č. 4.....	41
4.2 Praktická realizace varianty č. 5.....	41
4.3 Praktická realizace varianty č. 6.....	42
5 PŘÍKLADY OBVODŮ S TLAKOVÝM RELÉ	43
5.1 Pneumatický lis na ovoce a zeleninu	43
5.1.1 Schéma.....	43

5.1.2	Popis.....	44
5.2	Pneumatický lis k zalisování vík na sklenice zavařenin	45
5.2.1	Schéma.....	45
5.2.2	Popis.....	46
5.3	Pneumatický lis k vytlačování nápisů, obrázků do svíček.....	47
5.3.1	Schéma.....	47
5.3.2	Popis.....	47
6	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Příklad monostabilního elektricky ovládaného rozváděče 5/2 [13]</i>	13
<i>Obr. 2 Různé konstrukční provedení pneumatických rozváděčů [1]</i>	13
<i>Obr. 3 Elektrické relé</i>	14
<i>Obr. 4 Řez tlakovým relé [10]</i>	15
<i>Obr. 5 Schématické značky tlakového relé</i>	16
<i>Obr. 6 Tlakové relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.C. [12]</i>	16
<i>Obr. 7 Tlakové relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.O. [12]</i>	17
<i>Obr. 8 Model tlakového relé</i>	18
<i>Obr. 9 Jednotlivé součásti tlakového relé</i>	18
<i>Obr. 10 Řez a popis tlakového relé</i>	19
<i>Obr. 11 Tlakové relé N.C.</i>	20
<i>Obr. 12 Tlakové relé N.O.</i>	20
<i>Obr. 13 Tlaková relé</i>	21
<i>Obr. 14 Uzavírací ventily IL201, IL211, IL220 [15]</i>	23
<i>Obr. 15 Schémata a značky uzavíracích ventilů firmy SMC [15]</i>	23
<i>Obr. 16 Tlakový spínač [5]</i>	25
<i>Obr. 17 Nejjednodušší typ tlakového spínače [1]</i>	26
<i>Obr. 18 Tlakový spínač N.C. [4]</i>	27
<i>Obr. 19 Tlakový spínač N.O. [4]</i>	27
<i>Obr. 20 Varianta č. 1</i>	28
<i>Obr. 21 Varianta č. 2</i>	29
<i>Obr. 22 Varianta č. 3</i>	30
<i>Obr. 23 Varianta č. 4</i>	31
<i>Obr. 24 Škrťací ventil GRO-QS-6 od firmy FESTO [17]</i>	32
<i>Obr. 25 Varianta č. 5</i>	33
<i>Obr. 26 Varianta č. 6</i>	34
<i>Obr. 27 Varianta č. 7</i>	35
<i>Obr. 28 Varianta č. 8</i>	36
<i>Obr. 29 Varianta č. 9</i>	37
<i>Obr. 30 Varianta č. 10</i>	38
<i>Obr. 31 Tlakové relé firmy AVENTICS</i>	40

<i>Obr. 32 Realizace varianty č. 4</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 33 Realizace varianty č. 5</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 34 Realizace varianty č. 6</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 35 Schéma obvodu pneumatického lisu na ovoce a zeleninu</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 36 Model pneumatického lisu na ovoce a zeleninu</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 37 Schéma pneumatického lisu k zalisování vík na sklenice zavařenin</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 38 Model pneumatického lisu k zalisování vík na sklenice zavařenin</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 39 Schéma pneumatického lisu k vytlačování nápisů do svíček.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 40 Model pneumatického lisu k vytlačování nápisů do svíček</i>	<i>48</i>

Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Parametry tlakového relé firmy Aventics [12]</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2 Doplnující parametry tlakového relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.C. firmy Aventics [12].....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 3 Parametry tlakového relé firmy Festo [16]</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 4 Parametry uzavíracího ventilu [15]</i>	<i>24</i>

1 Úvod

Tlak hraje důležitou roli v pneumatických systémech. Spolu s průtokem se jedná o nejdůležitější parametr pneumatických systémů. Celá práce se zabývá tlakovým relé. Tento prvek se využívá tam, kde je zapotřebí dosáhnout nastaveného tlaku. Proto je tlakové relé součástí nejrůznějších pneumatických systémů, kterými jsou například lisy.

V úvodní části této práce jsem popsal pneumatické rozváděče, elektrické relé a tlakové relé. Funkci tlakového relé a možnou kombinaci s jinými prvky. Dále jsou uvedeny příklady různých typů tohoto prvku od nejrůznějších výrobců na trhu a také je popsán tlakový spínač, který je elektro-pneumatickou variantou tlakového relé.

Práce pokračuje návrhem pneumatických obvodů, které pracují s tlakovým relé. Navrhl jsem nějaké obecné varianty. Následně jsem přidával na náročnosti řešení. Pozornost jsem věnoval i obvodům, které by mohly omezit nebo úplně eliminovat možnost prudkého nárůstu tlaku takzvané tlakové špičky. Dále jsem navrhl variantu, která by místo tlakového relé pracovala s tlakovým spínačem.

Následně jsem odzkoušel navržené varianty na pneumatickém praktikátoru, které se nacházejí v laboratořích Katedry hydromechaniky a hydraulických zařízení. Ověřil jsem tak, že obvody, které jsem navrhl plní požadovanou funkci. Nezkoušel jsem úplně všechny obvody, ale pouze vybrané, a to z důvodu určité podobnosti, které navržené obvody měly. Zkusil jsem se zaměřit na ty, které by mohly omezit nebo eliminovat tlakovou špičku.

V závěrečné části této práce je ukázáno několik málo příkladů toho, jak by se dalo tlakové relé prakticky využít. Navrhl a vymodeloval pomocí systému Inventor 2017 pneumatické lisy, které ke své činnosti používají tlakové relé.

2 Funkce tlakového relé v pneumatických systémech

Tlakové relé je tlakem spínaný rozváděč. V první řadě je tedy nutné, abych vysvětlil, co je to ve skutečnosti rozváděč a jak se používá v pneumatických systémech.

2.1 Rozváděče

Rozváděče jsou ventily pro řízení směru proudu vzduchu v pneumatických obvodech. V mnohých literaturách se velmi často označují pouze jen jako ventily. Rozváděče umožňují změnu směru proudění vzduchu. Dělají to tak, že propojují, otevírají nebo zavírají vstupní a zároveň výstupní cesty v rozváděči. [3]

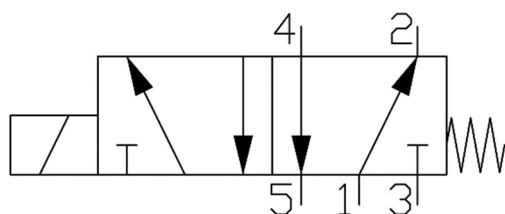
Nejdůležitějšími parametry rozváděčů:

- počet cest kanálů (2,3,4 atd.) a počet pozic (poloh) přestavení rozváděčů (2,3, atd.),
- způsob ovládání rozváděčů (manuálně, mechanicky, elektricky, pneumaticky atd.),
- velikost průtoku a nejvyšší průtok stlačeného vzduchu za určitých podmínek při propojení kanálů v základní pozici,
- dalším důležitým parametrem je pracovní tlak, pro správnou funkci musí být výrobcem uveden minimální tlak a každý výrobce musí definovat také maximální tlak. [3]

Označení rozváděče bývá ve formě zlomku např. 3/2, 5/3 atd. První číslice označení znamená celkový počet cest (vstupů a výstupu), zatímco číslice druhá udává počet poloh, ve kterých může být rozváděč přestaven. Ku příkladu rozváděč označený jako 5/3 se čte jako rozváděč pěticestný třípolohový. [3]

Rozváděče se dále můžou dělit na monostabilní a bistabilní. Monostabilní rozváděče se po odeznění vstupního signálu přestaví okamžitě zpět do základní polohy. Bistabilní rozváděče se po odeznění vstupního signálu nepřestaví do předchozí polohy. K přestavení do předchozí polohy musí být přiveden jiný signál. Rozváděče se dále dělí podle toho, jestli jsou v klidovém stavu uzavřené nebo otevřené. Poté se označují jako rozváděče N.C., (normally closed, rozváděč v klidové poloze uzavřený) a jako rozváděče N.O. (normally opened, rozváděč v klidové poloze otevřený). Rozváděče lze ovládat, jak už bylo zmíněno mechanicky (různé narážky, dorazy, kladky, pružiny atd.), manuálně (ovládání rozváděče je umožněnou lidskou silou, např. tlačítko, páka, pedál atd.), elektricky (elektromagnetem),

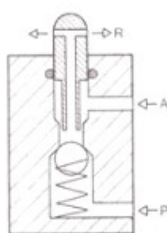
pneumaticky (stlačeným vzduchem) nebo i kombinací více způsobů (sériové, paralelní a sérioparalelní zapojení). [3]



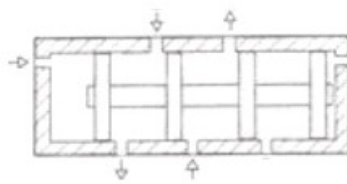
Obr. 1 Příklad monostabilního elektricky ovládaného rozváděče 5/2 [13]

Rozváděče jsou řešeny jako šoupátkové nebo sedlové. U prvně zmíněného typu může šoupátko konat pohyb přímočarý (píst přestavuje válcové šoupátko, které svým pohybem přestavuje vstupy a výstupy) nebo rotační (rotačním pohybem šoupátka se přestavují vstupy a výstupy). [1]

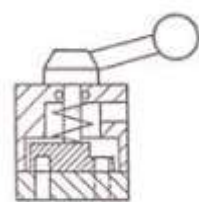
U sedlových rozváděčů je pružinou tlačeno tělísko (kulička, destička, kuželka atd.) do sedla. Řídicí signál (tlačítko, kladka, elektromagnet atd.) musí překonat sílu pružiny a také sílu od tlaku vzduchu působící na tělísko. Při překonání těchto sil tělísko přestane být tlačeno do sedla rozváděče a stlačený vzduch může proudit přes rozváděč. [1]



a)



b)



c)

Obr. 2 Různé konstrukční provedení pneumatických rozváděčů [1]
a) sedlový rozváděč, b) přímočaré šoupátko, c) rotační šoupátko

2.2 Elektrické relé

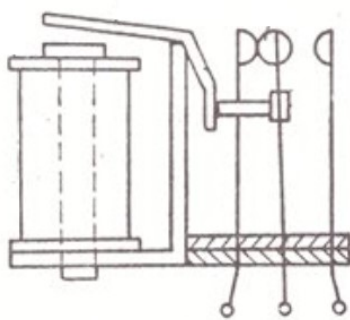
Tlakové relé pracuje na podobném principu jako elektrické relé. Elektrické relé je hodně používáno v elektrotechnice, elektro-hydraulice a elektro-pneumatice. Hlavními funkcemi elektrických relé jsou spínací, rozpínací a přepínací funkce, zpracování signálu a také zesílení signálu. Pro ovládací cívky relé stačí malé vstupní napětí a proudy. Kontakty relé dokážou sepnout obvody, které pracují až s tisíci násobně většími hodnoty proudu a napětí, než je vstupní napětí a proud. Podle proudu, který ovládá cívku relé, jsou rozdělována na relé pracující se stejnosměrným proudem a relé pracující se střídavým proudem. [2]

Výhody elektrických relé

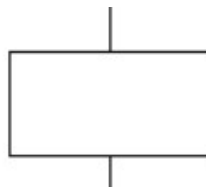
- poměrně jednoduché elektrické součásti,
- nízké nároky na údržbu,
- čas sepnutí se pohybuje v rozmezí 8 ms až 20 ms,
- fungují v rozmezí teplot $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. [2]

Nevýhody elektrických relé

- spínací kontakty jsou velmi citlivé na znečištění a opotřebení,
- oproti polovodičovým součástkám jsou jejich nevýhodou také větší rozměry. [2]



a)



b)

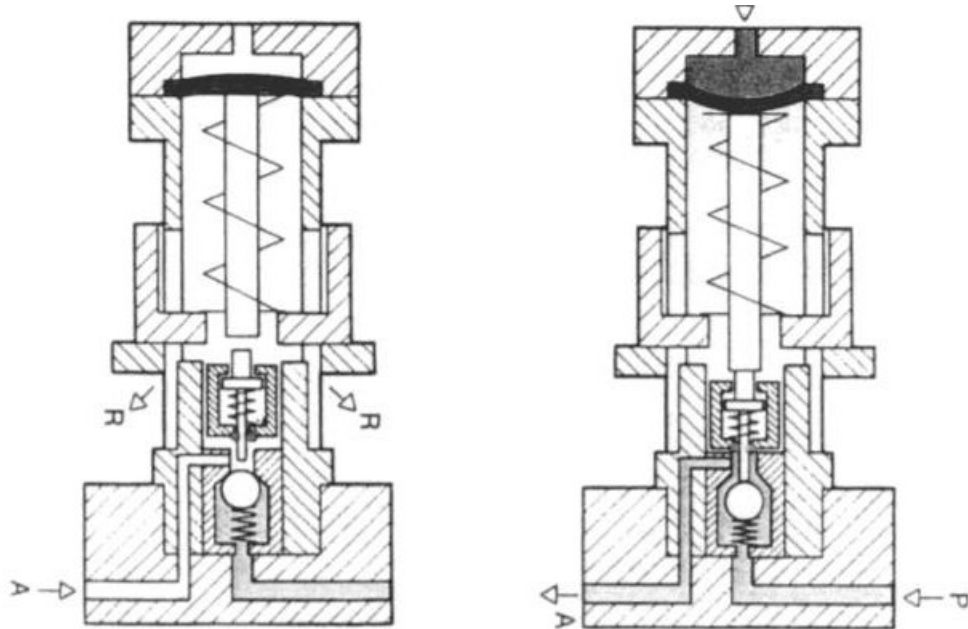


c)

Obr. 3 Elektrické relé
a) schéma [2] b) schématická značka c) příklad relé [14]

2.3 Tlakové relé

Jak už bylo zmíněno, tlakové relé *Obr. 4* je pneumatický rozváděč ovládaný tlakem s nastavitelnou (regulovatelnou) hodnotou spínacího tlaku.



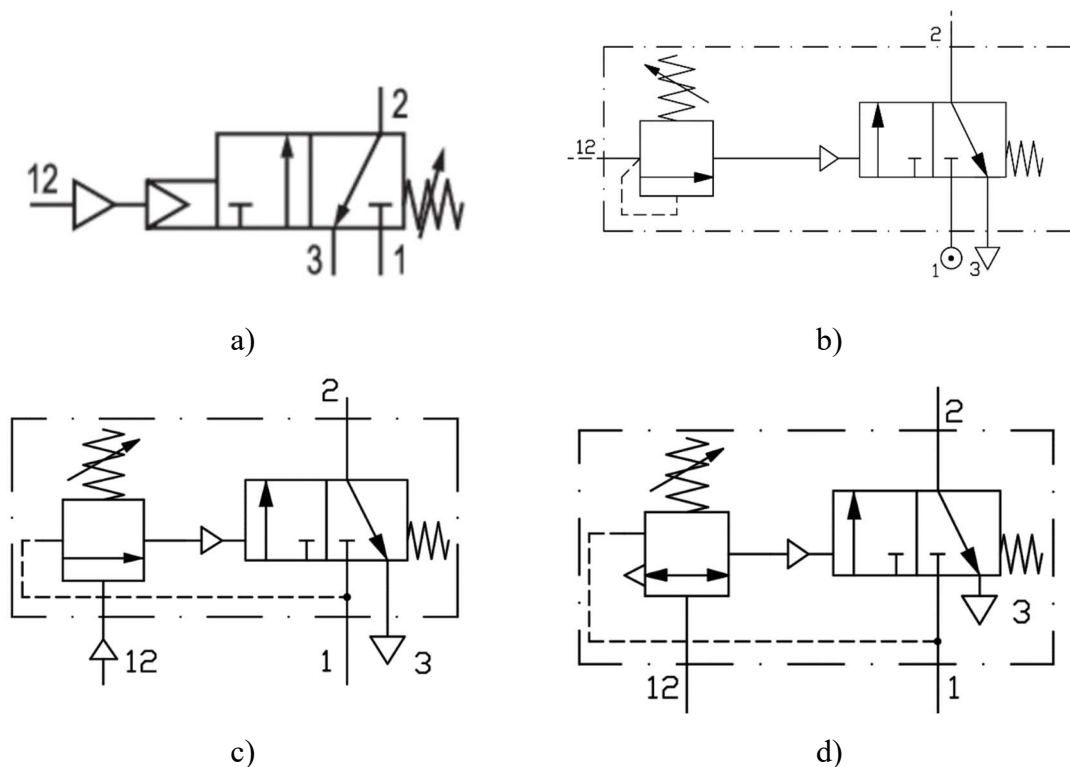
Obr. 4 Řez tlakovým relé [10]

Tlak vzduchu působící na membránu rozváděče vyvolává sílu. Když je síla vyvolaná tímto tlakem nižší než předpětí pružiny, je v rozváděči propojena cesta A-R a vstup P je uzavřen. Pokud je tato síla větší než předpětí pružiny rozváděče, tak se rozváděč přestaví a propojí se cesta P-A a výstup R je uzavřen. [1]

Tlaková relé (tlakem spínané rozváděče) jsou využívána k ovládání jiných pneumatických prvků, nejčastěji jiných rozváděčů, kde je vyžadována závislost na velikosti tlaku. [10]

Předpětí pružiny můžeme regulovat pomocí nastavovací matice nebo pomocí nastavovacího šroubu. Čím více je pružina stlačena, tím je předpětí vyšší a tím je potřeba také vyššího tlaku k vyvození síly.

Existuje několik variant schématického značení tohoto prvku. Každá firma má svou značku a v literaturách se také objevují rozdílná značení. V této bakalářské práci je použita značka od firmy Aventics, protože praktická realizace je odzkoušena s prvkem této firmy.

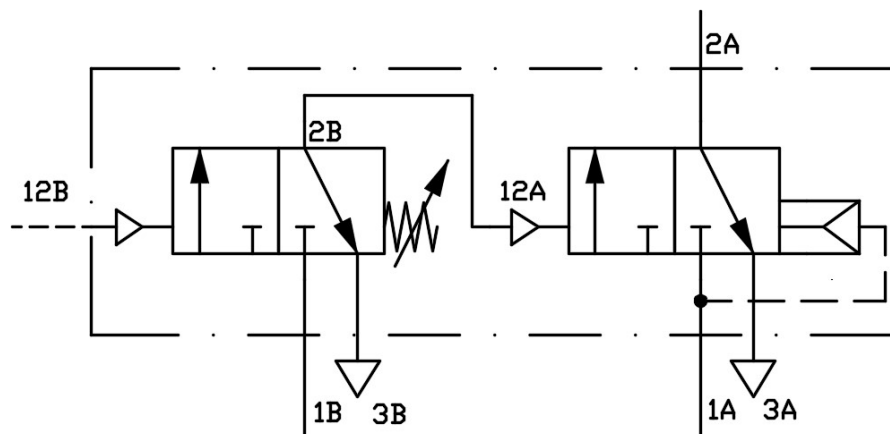


Obr. 5 Schématické značky tlakového relé

a) Aventics [12], b) Murrenhof [5], c) Festo [16], d) učební materiály SPŠ a SOU Pelhřimov [11]

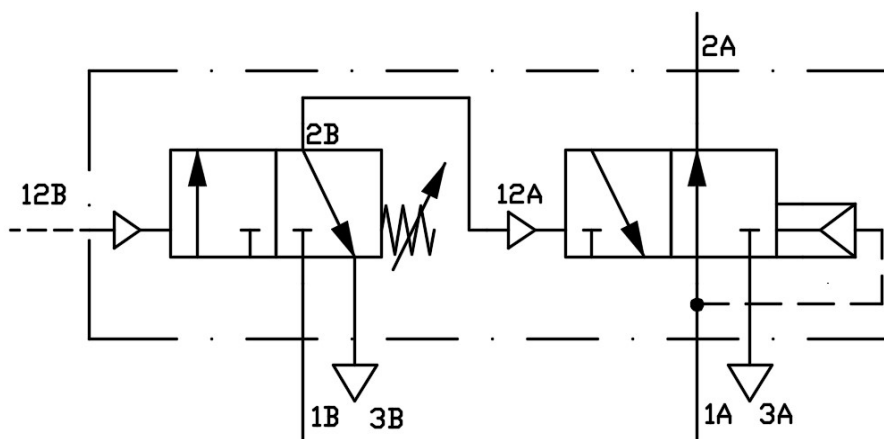
2.3.1 Tlakové relé v kombinaci s jinými pneumatickými prvky

Tlaková relé se dají různě kombinovat s jinými rozváděči. Zde je uvedeno pár příkladů.



Obr. 6 Tlakové relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.C. [12]

Na Obr. 6 lze vidět kombinaci tlakového relé a monostabilního rozváděče 3/2 normally closed (normálně uzavřeného). Funguje to na následujícím principu. Řídící větví 12B je přiveden stlačený vzduch, který při dosažení nastaveného tlaku přestaví tlakové relé. V tlakovém relé se propojí cesta 1B-2B, která vyšle řídicí signál na rozváděč 3/2 a přestaví ho. V rozváděči se propojí cesta 1A-2A a přes rozváděč proudí stlačený vzduch. Při poklesnutí tlaku v řídicí větví pod nastavenou hodnotu 12B se tlakové relé přestaví opět do původní polohy a následně se rozváděč 3/2 vrátí taky do původní polohy. Přestavení rozváděče 3/2 do původní polohy je dosaženo pomocí pneumatické pružiny.



Obr. 7 Tlakové relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.O. [12]

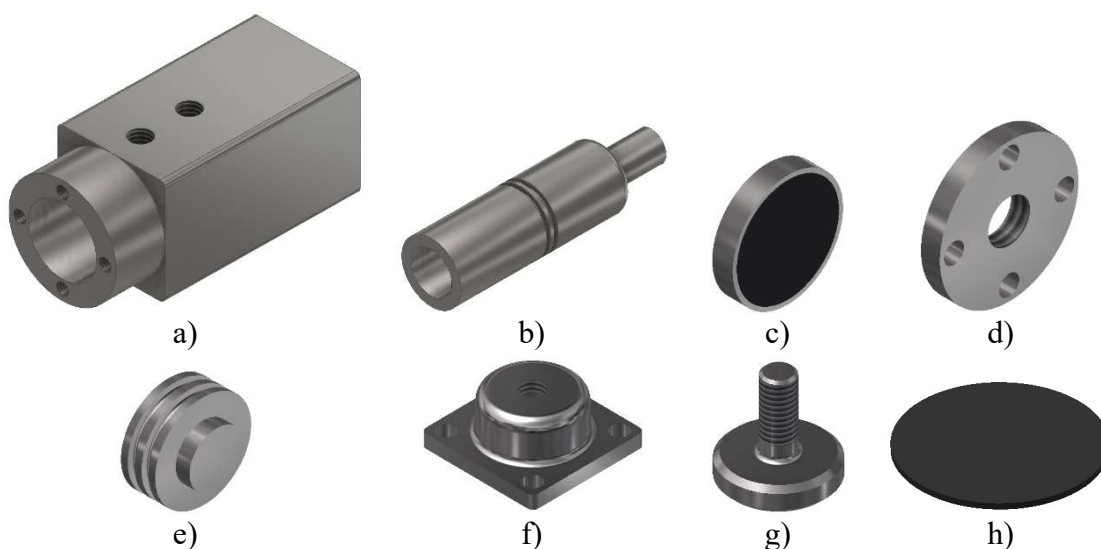
Na Obr. 7 lze vidět kombinaci tlakového relé a monostabilního rozváděče 3/2 normally opened (normálně otevřeného). Funguje na následujícím principu. Řídící větví 12B je přiveden stlačený vzduch, který při dosažení nastaveného tlaku přestaví tlakové relé. V tlakovém relé se propojí cesta 1B-2B, která vyšle řídicí signál na rozváděč 3/2 a přestaví ho. V rozváděči se uzavře cesta 1A-2A a cesta 2A-3A se propojí. Stlačený vzduch se přes rozváděč vypustí do atmosféry. Při poklesnutí tlaku v řídicí větví pod nastavenou hodnotu 12B se tlakové relé přestaví opět do původní polohy a následně se rozváděč 3/2 vrátí taky do původní polohy. Přestavení rozváděče 3/2 do původní polohy je dosaženo pomocí pneumatické pružiny.

2.3.2 Model tlakového relé

Pro lepší představu jsem pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2017 vytvořil model tlakového relé. Jedná se pouze o konstrukční návrh. Všechny rozměry jsou pouze orientační, a proto by se v žádném případě nemělo tlakové relé vyrábět podle těchto rozměrů.



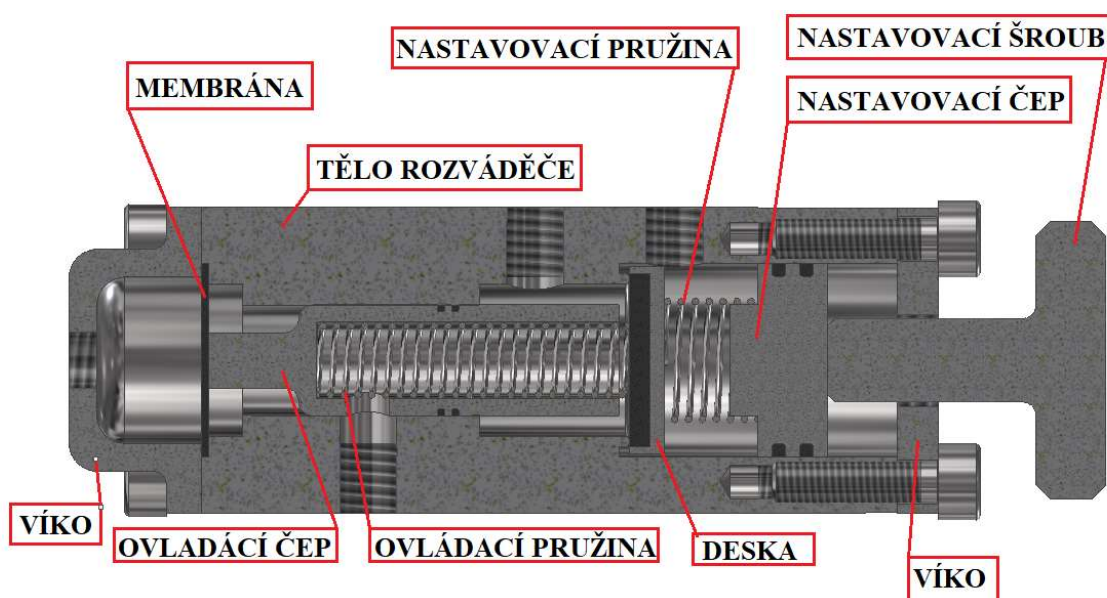
Obr. 8 Model tlakového relé



Obr. 9 Jednotlivé součásti tlakového relé

a) tělo rozváděče, b) ovládací čep, c) deska s těsněním, d) viko u nastavovacího šroubu, e) posuvný čep, f) viko u přívodu vzduchu, g) nastavovací šroub, h) membrána (pozn.: ostatní součásti jsou normalizovány)

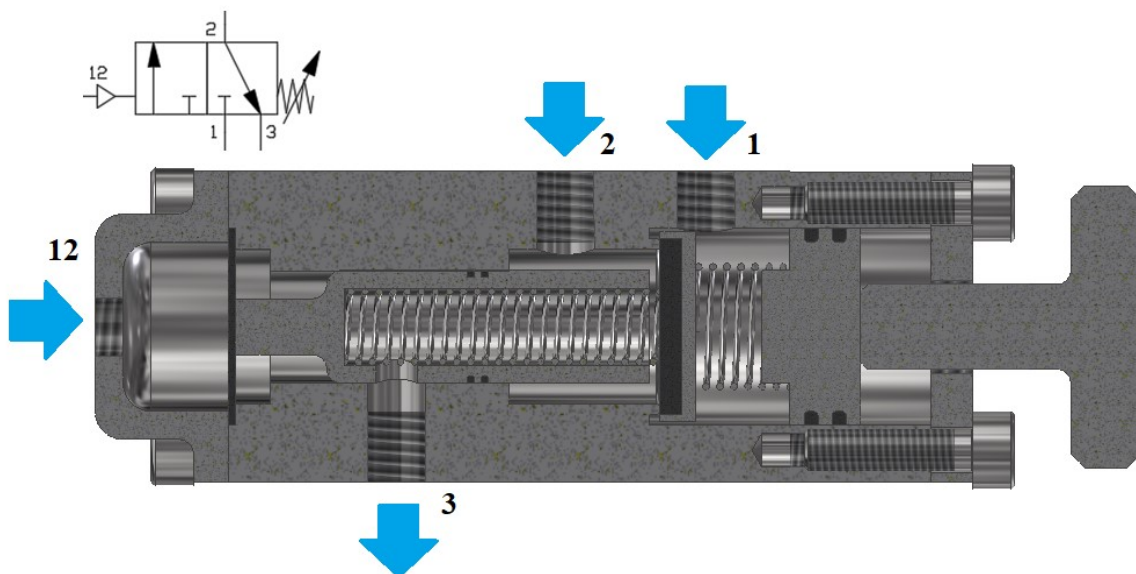
Tělo rozváděče slouží jako skříň, do které se uloží všechny ostatní prvky. Ovládací čep spolu s ovládací pružinou posouvají kotoučovou desku. Kotoučová deska má za následek přestavení propojení cest v rozváděči. Nastavovací šroub, nastavovací čep a nastavovací pružina nastavují tlak, při kterém má být relé přestaveno. Membrána slouží jako převodník mezi tlakem vzduchu a pohybem ovládacího čepu. Membrána může být k ovládacímu čepu přilepena silným kvalitním strojním lepidlem. Víka se pomocí šroubů namontují do těla rozváděče a slouží jako uzavírací členy, při dostatečném dotažení šroubů také těsní prvek, aby vzduch neunikal do atmosféry pryč z prvku. Každé víko má jiný tvar a rozměr díry se závitem, aby nedošlo k jejich záměně. Do víka u přívodu vzduchu se může namontovat šroubení nebo škrtecí ventil.



Obr. 10 Řez a popis tlakového relé

Na Obr. 10 lze vidět řez celým tlakovým relé. Jsou vidět všechny prvky, ze kterých se tlakové relé skládá. Šrouby, které připevňují víka k tělu rozváděče jsou M3x12 ISO 4762 a celkem jich je osm, ke každému víku patří čtyři šrouby. Na posuvném i na ovládacím čepu jsou vysoustruženy drážky, do kterých se umístí pryžové těsnění. Do těla rozváděče mohou být našroubována šroubení se závitem M5.

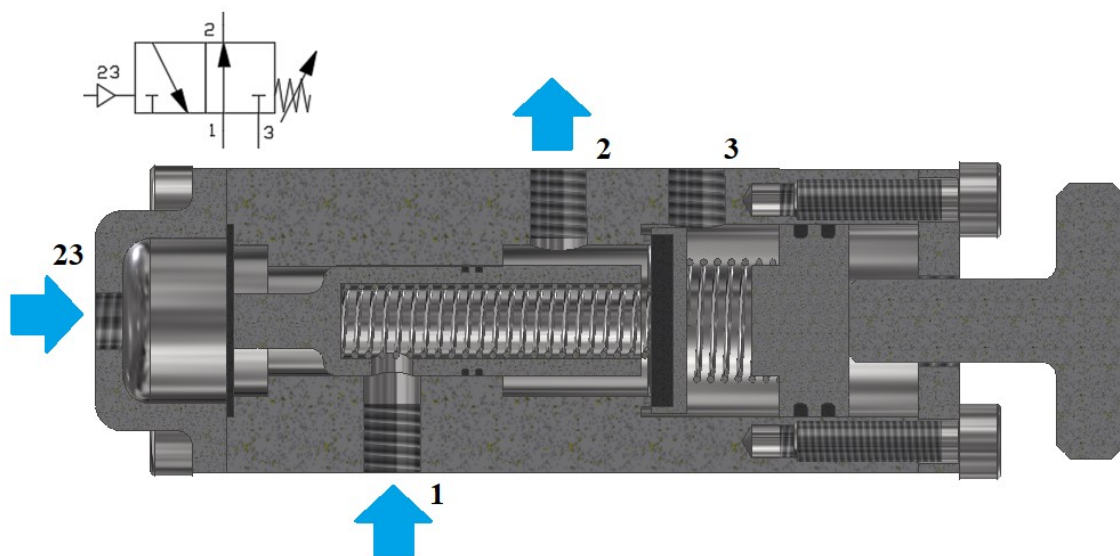
Na Obr. 11 lze vidět tlakové relé N.C. Propojeny jsou cesty 2 a 3 a přívod vzduchu od cesty 1 je uzavřen. Při přivedení tlaku cestou 12 se nejdříve prohne membrána. To způsobí posun ovládacího čepu, který stlačí ovládací pružinu to má za následek kontakt ovládacího čepu a desky. Po stoupnutí tlaku v přívodu 12 nad tlak, který vyvolá sílu ke stlačení nastavovací pružiny, se začne posouvat i deska což způsobí propojení cest 1 a 2 a uzavření cesty 3. Při poklesnutí tlaku v přívodu 12 se zase relé vrátí do původní polohy.



Obr. 11 Tlakové relé N.C.

1 – přívod vzduchu, 2 – výstup, 3 – odvodušnění, 12 – vzduch pro ovládání

Na Obr. 12 je vidět tlakové relé N.O. Pouze jsou přehozeny cesty 1 a 3. To znamená, že při stoupnutí tlaku nad tlak nastavený se tlakové relé uzavře.



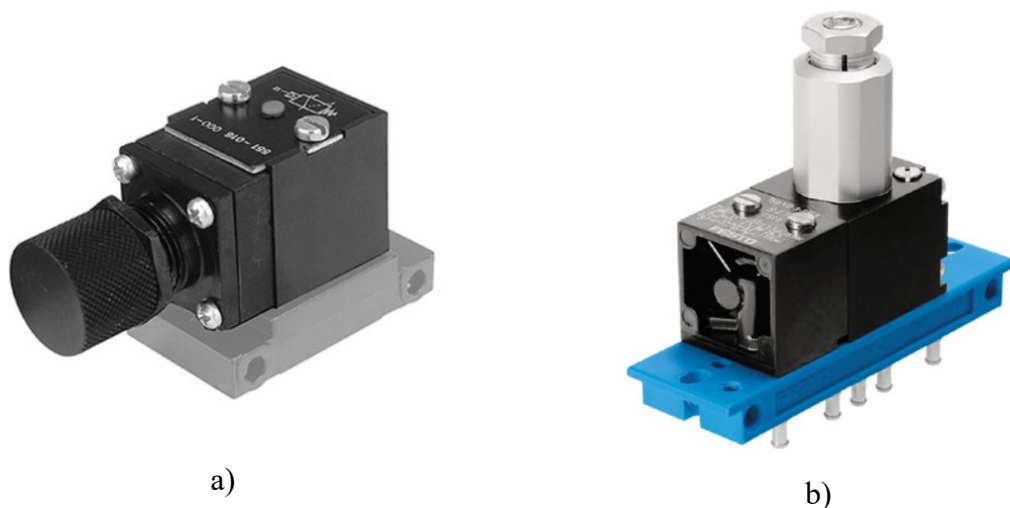
Obr. 12 Tlakové relé N.O.

1 – přívod vzduchu, 2 – výstup, 3 – odvodušnění, 23 – vzduch pro ovládání

Pro porty se mohou užívat písmena nebo čísla. Číslice 1 a písmeno P se používají pro přívod vzduchu, sudá čísla a písmena A, B, C jsou výstupy, lichá čísla začínající číslicí 3 a písmena R, S, T se užívají pro odvodušnění, a písmena X, Y, Z se používají pro přívod vzduchu k ovládání relé. Zde se taky používají kombinace číslic (př. 12 znamená propojení cesty 1 a 2). [3]

2.3.3 Srovnání tlakových relé firem Aventics a Festo

Každá z firem uvádí tlakové relé pod jiným názvem. Firma Aventics nazývá tento prvek jako tlakový spínač a firma Festo jej nazývá tlakový spínací ventil (v angličtině jako pressure sequence valve).



Obr. 13 Tlaková relé
a) firmy Aventics [12], b) firmy Festo [16]

Tab. 1 Parametry tlakového relé firmy Aventics [12]

Minimální provozní tlak	0,1 MPa
Maximální provozní tlak	1 MPa
Minimální řídicí tlak	0,06 MPa
Maximální řídicí tlak	1 MPa
Minimální teplota okolí	-20 °C
Maximální teplota okolí	70 °C
Minimální teplota média	-20 °C
Maximální teplota média	70 °C
Médium	stlačený vzduch
Maximální velikost částice	5 μm
Obsah oleje stlačeného vzduchu	0...1 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$
Materiál pouzdra	Polyoxymetylen
Materiál těsnění	Butadien-akrylonitrilový kaučuk
Průtok	30 $\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$
Hmotnost	0,115 kg

Pro tlakové relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.C. jsou hodnoty stejné kromě průtoku a hmotnosti.

Tab. 2 Doplnující parametry tlakového relé v kombinaci s rozváděčem 3/2 N.C. firmy Aventics [12]

Průtok	120 dm ³ ·min ⁻¹
Hmotnost	0,165 kg

Tab. 3 Parametry tlakového relé firmy Festo [16]

Normální jmenovitý průtok	100 dm ³ ·min ⁻¹
Provozní tlak	0,18 ... 0,8 MPa
Jmenovitá světlost	2.5 mm
Provozní médium	stlačený vzduch
Třída odolnosti korozi KBK	0 - bez nároků na odolnost korozi
Teplota média	-10 ... 60 °C
Hmotnost výrobku	0,220 kg

Základní popis materiálu pouzdra a těsnění:

Polyoxymetylen – Jedná se o termoplasty, které jsou na základu formaldehydu. Často se v praxi označují jako polyformaldehydy. Jsou to jediné polyacetyly, které mají nějaký technický význam. Jejich nejpřednějšími vlastnostmi jsou pevnost, vysoká tvrdost a rázová houževnatost. Díky tomu se používají k výrobě předmětů, které čelí nenadálým nárazům. Mezi jejich další přednosti patří také nízký součinitel tření, vysoká odolnost proti oděru, výborné elektroizolační vlastnosti a vysoká odolnost proti organickým rozpouštědlům. Polyoxymetylen se používá pro výrobu strojních součástí, ventilů, trubek, pouzder a mnoho dalších součástí. [7]

Butadien-akrylonitrilový kaučuk – Zkráceně označovány pouze jen jako nitrilkaučuky. Používají se všude tam, kde se dá využít jejich odolnost vůči olejům, dále také brzdovým kapalinám, benzínu a také i jiným palivům, a dalším podobným kapalinám. Nejvíce se z těchto kaučuků vyrábí hadice, membrány, různá těsnění, ale také se dají využít při výrobě klínových řemenů nebo dopravních pásů. [8]

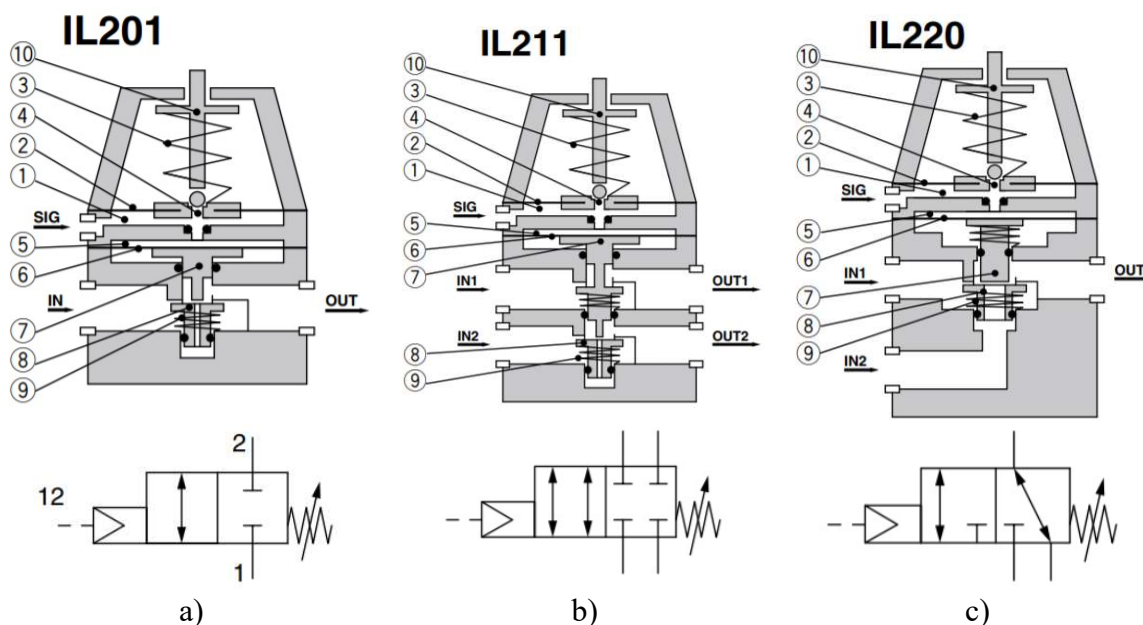
2.3.4 Uzavírací ventil firmy SMC

Firma SMC nabízí ve svém katalogu prvek uzavírací ventil, který je svou funkcí obdobou tlakového relé. Nabízí ho ve třech variantách, buď jako monostabilní rozváděč 2/2, 3/2 anebo 4/2. Uzavírací ventil 3/2 lze zapojit jako N.O nebo jako N.C.



Obr. 14 Uzavírací ventily IL201, IL211, IL220 [15]

Monostabilní rozváděč 2/2 má označení IL201, 3/2 má označení IL220 a 4/2 má označení IL211. Na Obr. 15 se cesty neznačí klasicky čísly nebo písmeny, ale anglickými výrazy. IN znamená přívod vzduchu, OUT znamená výstup a SIG značí přívod vzduchu, který má za následek propojení cest v uzavíracím ventilu.



Obr. 15 Schémata a značky uzavíracích ventilů firmy SMC [15]

a) uzavírací ventil 2/2, b) uzavírací ventil 4/2, c) uzavírací ventil 3/2

1 – komora u horní membrány, 2 – horní membrána, 3 – nastavovací pružina, 4 – kanál odfuku, 5 – komora u dolní membrány, 6 – dolní membrána, 7 – píst, 8 – posuvný čep, 9 – ovládací pružina, 10 – nastavovací šroub

Uzavírací ventil typu IL211 je kombinací dvou uzavíracích ventilů typu IL201. Funguje stejně jako by se na dvou ventilech IL201 nastavily dva stejné tlaky. Výhodou typu IL211 je, že se stejná hodnota nastaví pouze jedním nastavovacím šroubem.

Uzavírací ventil typu IL220 se dá, jak již bylo zmíněno, zapojit jako N.C nebo N.O. Při přivedení stlačeného vzduchu na port „IN1“ bude uzavírací ventil N.C. Při přivedení stlačeného vzduchu na port „IN2“ bude uzavírací ventil N.O.

Tab. 4 Parametry uzavíracího ventilu [15]

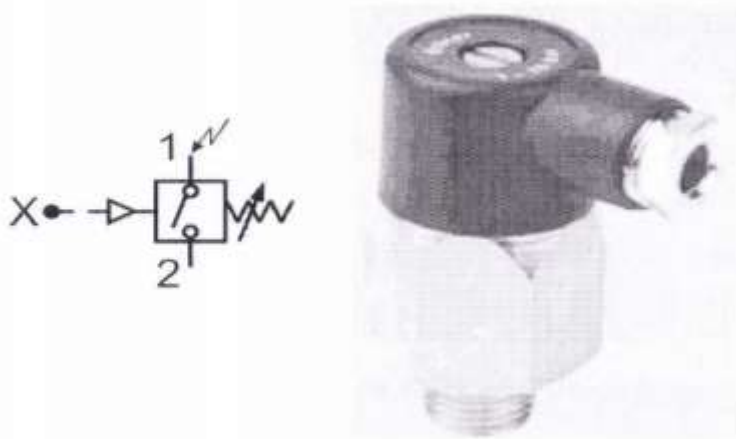
typ	IL201	IL211	IL220
provozní tlak	max. 1 MPa*		
rozsah nastavovacího tlaku	0,14 až 0,7 MPa*		
uzavírací tlak	max. 0,7 MPa		
rozsah teploty okolí a vzduchu	-5 °C až 60 °C		
tlakový rozdíl **	0,01 MPa		
hmotnost	0,45 kg	0,64 kg	0,7 kg

* - Nutno zajistit tlakový rozdíl mezi provozním tlakem a nastavovacím tlakem alespoň 0,1 MPa nebo více. Jestliže by byl tlakový rozdíl malý, tak by se vnitřní část opotřebovala a zvyšovalo by se množství vzduchu, který odchází kanálem odvodu. To by mohlo ovlivnit vlastnosti uzavíracího ventilu. [15]

** - Tlakový rozdíl mezi spuštěným a uvolněným stavem uzavíracího ventilu. [15]

2.4 Použití tlakového spínače

Jako alternativní řešení se pro tlakové relé se používá tlakový spínač. Tlakový spínač je elektro-pneumatická součástka používaná v elektro-pneumatice. Tudiž všechny prvky, které by mohl ovlivňovat, musí být ovládané elektromagnetem.

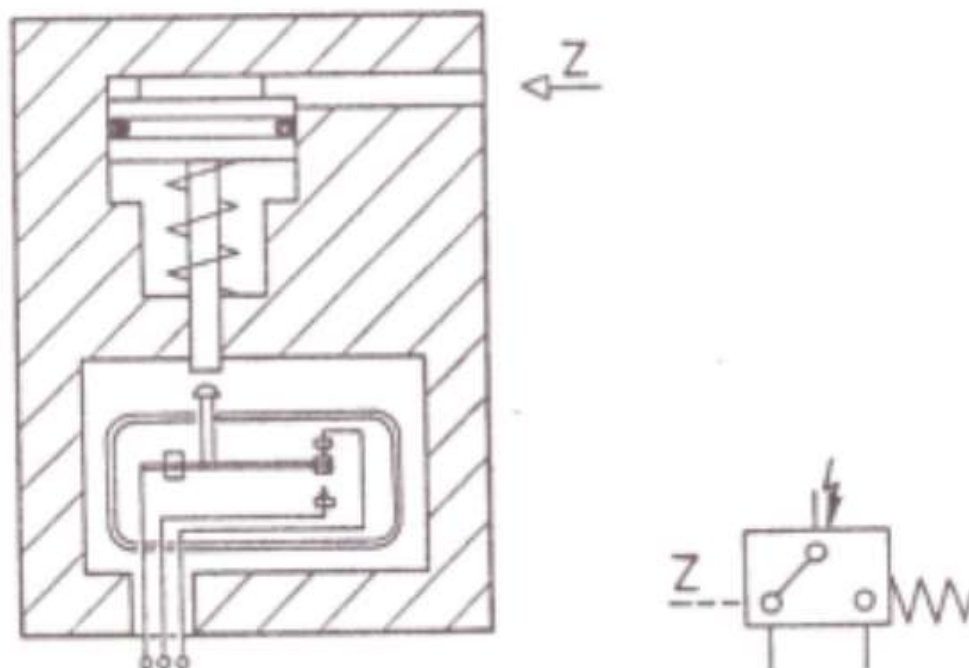


Obr. 16 Tlakový spínač [5]

Tlakový spínač je prvek, který je připojen ke zdroji stlačeného vzduchu (do pneumatického obvodu), kde využívá tlak vzduchu ke spínání elektrického obvodu. Nejčastěji je konstruován jako převodník, který převádí pneumatický signál (tlak vzduchu) na signál elektrický. Nejjednodušším případem tohoto prvku je elektrický spínač, někdy také mikropsínač, který je ovládán jednočinným pneumatickým přímočarým motorem. [1]

U jednočinného pneumatického přímočarého motoru bývá pod pístem pružina. Předpětí pružiny můžeme zvyšovat zkracováním její délky, stejně jako u tlakového relé. Čím kratší pružina bude, tím vyšší bude její předpětí. Předpětím této pružiny se dá řídit velikost tlaku, který je potřebný k posunutí pístu, a tudíž i sepnutí (rozepnutí, přepnutí) elektrického spínače (mikropsínače). Samozřejmě píst musí být opatřen těsněním, aby nedocházelo k úniku vzduchu. [9]

Elektrické kontakty musí být zhotoveny z elektricky vodivých materiálů jakou jsou například měď nebo její slitiny, dále také stříbro a jeho slitiny a tak dále. [9]



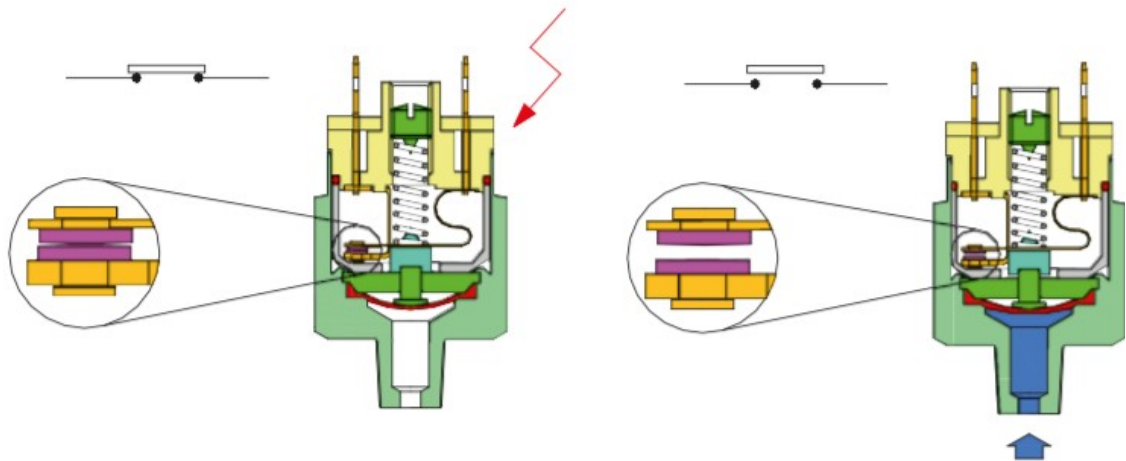
Obr. 17 Nejjednodušší typ tlakového spínače [1]

Základní typy tlakových spínačů jsou:

- tlakové spínače ke spínání elektrického obvodu,
- tlakové spínače k rozpínání elektrického obvodu,
- tlakové spínače k přepínání elektrických obvodů. [4]

2.4.1 Tlakový spínač N.C.

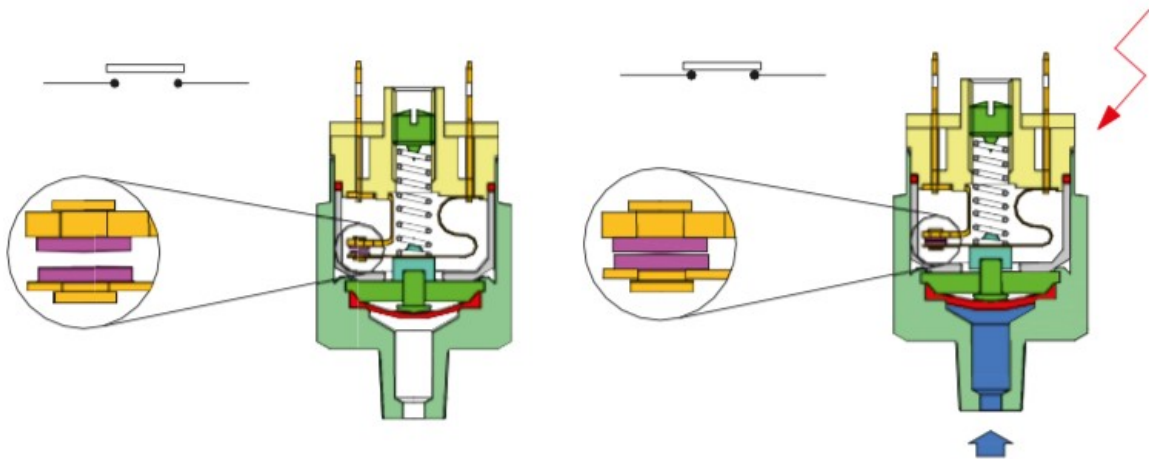
Na *Obr. 18* lze vidět tlakový spínač N.C. Jedná se o spínač k rozepnutí elektrického obvodu. Jelikož při absenci tlaku vzduchu, jsou kontakty elektrického obvodu sepnuty a elektrický obvod je uzavřený, takže jím teče elektrický proud. Při přivedení tlaku se kontakty spínače rozepnou a elektrický obvod se stává otevřeným (rozepnutým) a neprotéká jím tedy žádný elektrický proud. [4]



Obr. 18 Tlakový spínač N.C. [4]

2.4.2 Tlakový spínač N.O.

Na *Obr. 19* lze vidět tlakový spínač N.O. Jedná se o spínač k sepnutí elektrického obvodu. Jelikož při absenci tlaku vzduchu, jsou kontakty elektrického obvodu rozepnuty a elektrický obvod je otevřený, takže jím neteče elektrický proud. Při přivedení tlaku se kontakty spínače sepnou a elektrický obvod se stává uzavřeným (sepnutým) a protéká jím tedy elektrický proud. [4]



Obr. 19 Tlakový spínač N.O. [4]

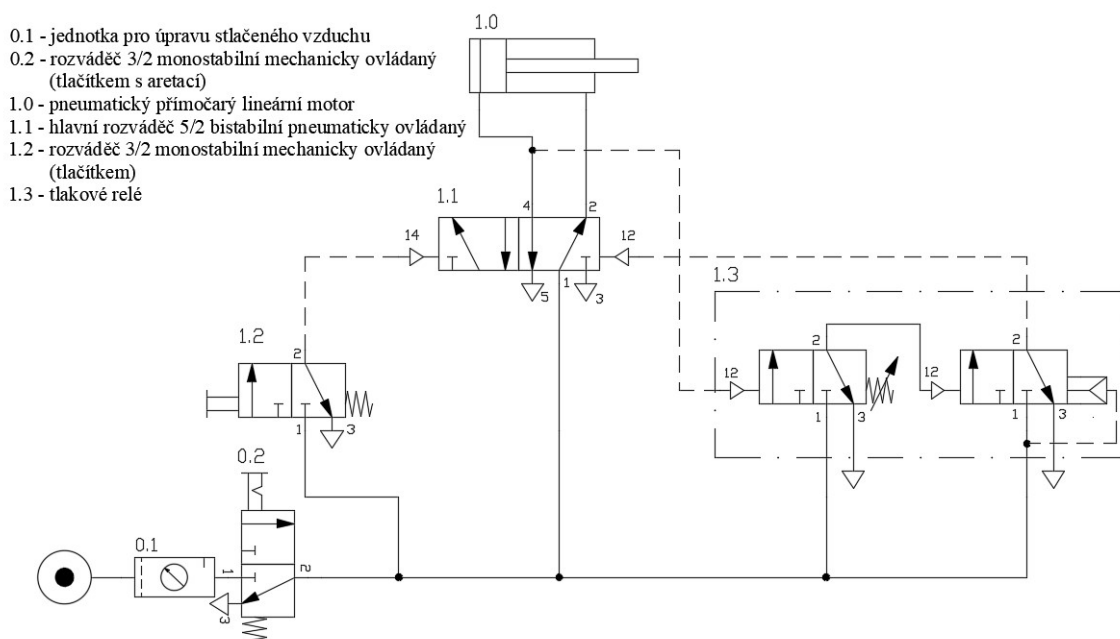
Navíc existuje ještě přepínací tlakový spínač, který obsahuje oba typy kontaktů ať už N.O., tak i N.C. a vždy přepíná mezi dvěma obvody. [4]

3 Pneumatické obvody s tlakovým relé

Pneumatické přímočaré lineární motory jsou velmi často používány u pneumatických lisů, kde velkou roli hraje právě tlak. Tlakové relé zapojené v takovém obvodu může zajišťovat zasouvání pístnice lisu zpět do původní polohy. Za tímto účelem je navrženo celkem devět různých obvodů. Z čehož první osmice je ryze pneumatická a poslední devátý je realizován pomocí elektro-pneumatiky, kde je tlakové relé nahrazeno tlakovým spínačem. Dále jsem navrhl ještě desátou variantu, ve které nepoužívám tlakové relé, ale redukční ventil.

3.1 Varianta č. 1

Po stisknutí tlačítka se začne vysouvat pístnice. Po dosažení koncové polohy začne v obvodu růst tlak. Až tlak dosáhne hodnoty nastavené na tlakovém relé, pístnice se začne zasouvat zpět.



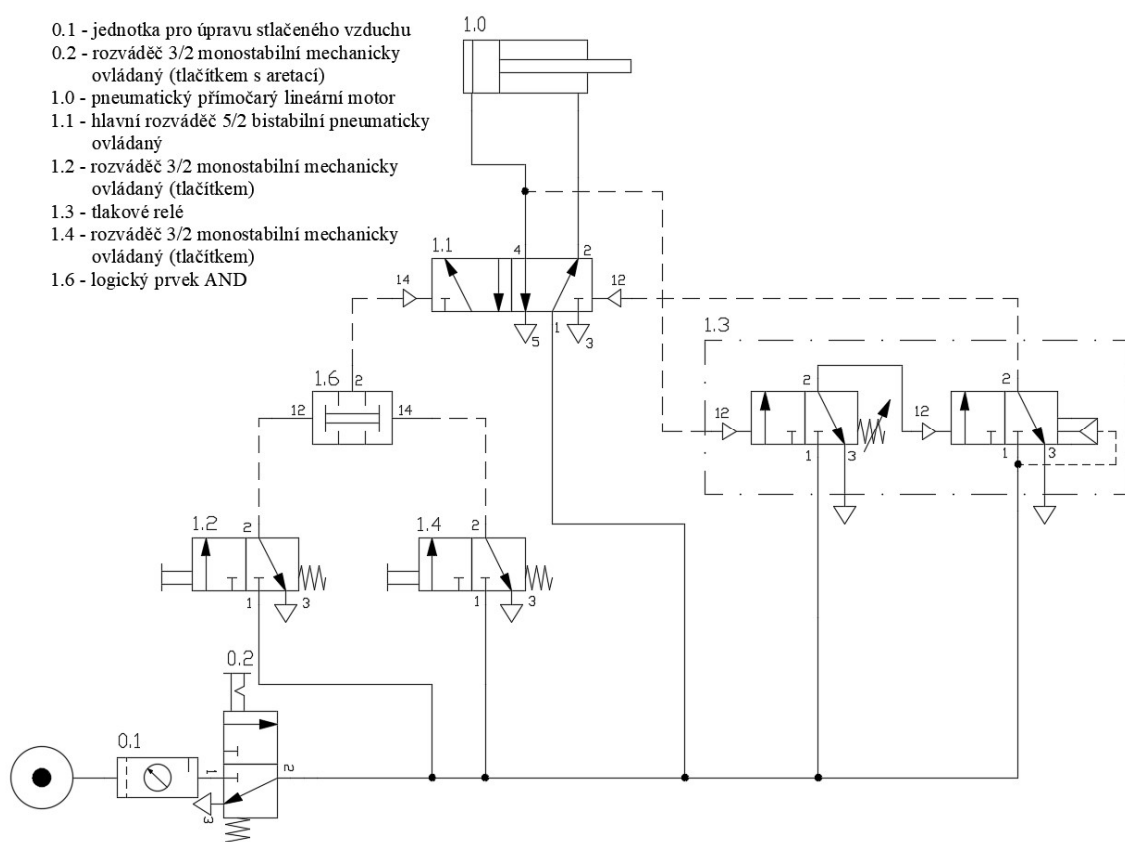
Obr. 20 Varianta č. 1

Po přestavení rozváděče 0.2 je do systému přiveden stlačený vzduch, který jde nejdříve přes jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu 0.1. Ta se skládá z filtru, redukčního ventilu a maznice. Po stisknutí tlačítka na rozváděči 1.2 je přiveden stlačený vzduch na hlavní rozváděč 1.1, který se přestaví a stlačený vzduch je přiveden do motoru 1.0 na stranu pístu. Pístnice se začne vysouvat, při vysunutí pístnice do koncové polohy dále

roste tlak na straně pístu. Ve chvíli, kdy tlak na straně pístu přesáhne hodnotu tlaku nastaveného na tlakovém relé 1.3, se tlakové relé přestaví a stlačený vzduch přestaví rozváděč 1.1 zpět. Pístnice motoru 1.0 se začne zasouvat zpět. [6]

3.2 Varianta č. 2

Po stisknutí dvou tlačítek se začne vysouvat pístnice. Po dosažení koncové polohy začne v obvodu růst tlak. Až tlak dosáhne hodnoty nastavené na tlakovém relé, pístnice se začne zasouvat zpět.

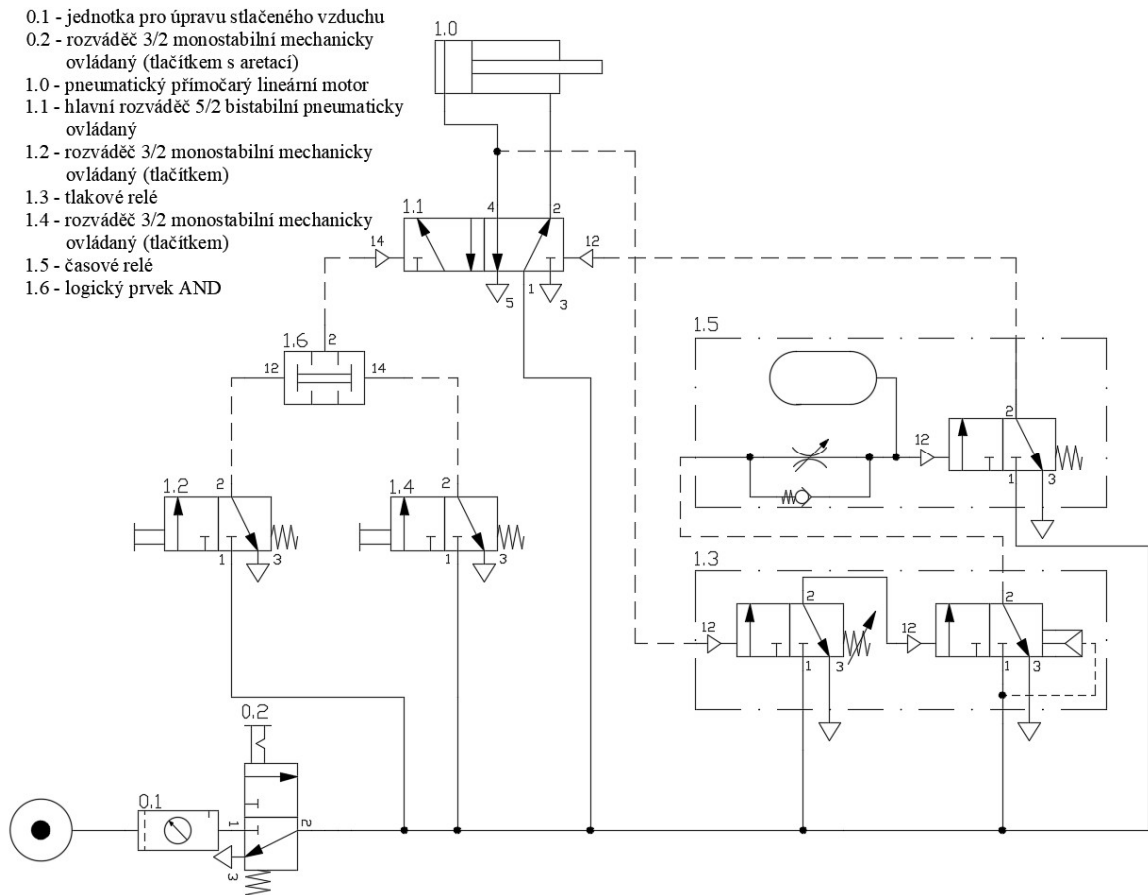


Obr. 21 Varianta č. 2

Funkce je obdobná jako u varianty č. 1. Jen místo zamáčknutí tlačítka na rozváděči 1.2 se musí také zároveň zamáčknout tlačítko na rozváděči 1.4. Při zamáčknutí obou tlačítek logický prvek AND pustí signál na hlavní rozváděč 1.1 a potom nastává úplně stejný proces jako u varianty č. 1.

3.3 Varianta č. 3

Po stisknutí dvou tlačítek se začne vysouvat pístnice. Po dosažení koncové polohy začne v obvodu růst tlak. Až tlak dosáhne hodnoty nastavené na tlakovém relé, tak pístnice určitý čas vydrží v koncové poloze a pak se začne zasouvat zpět.

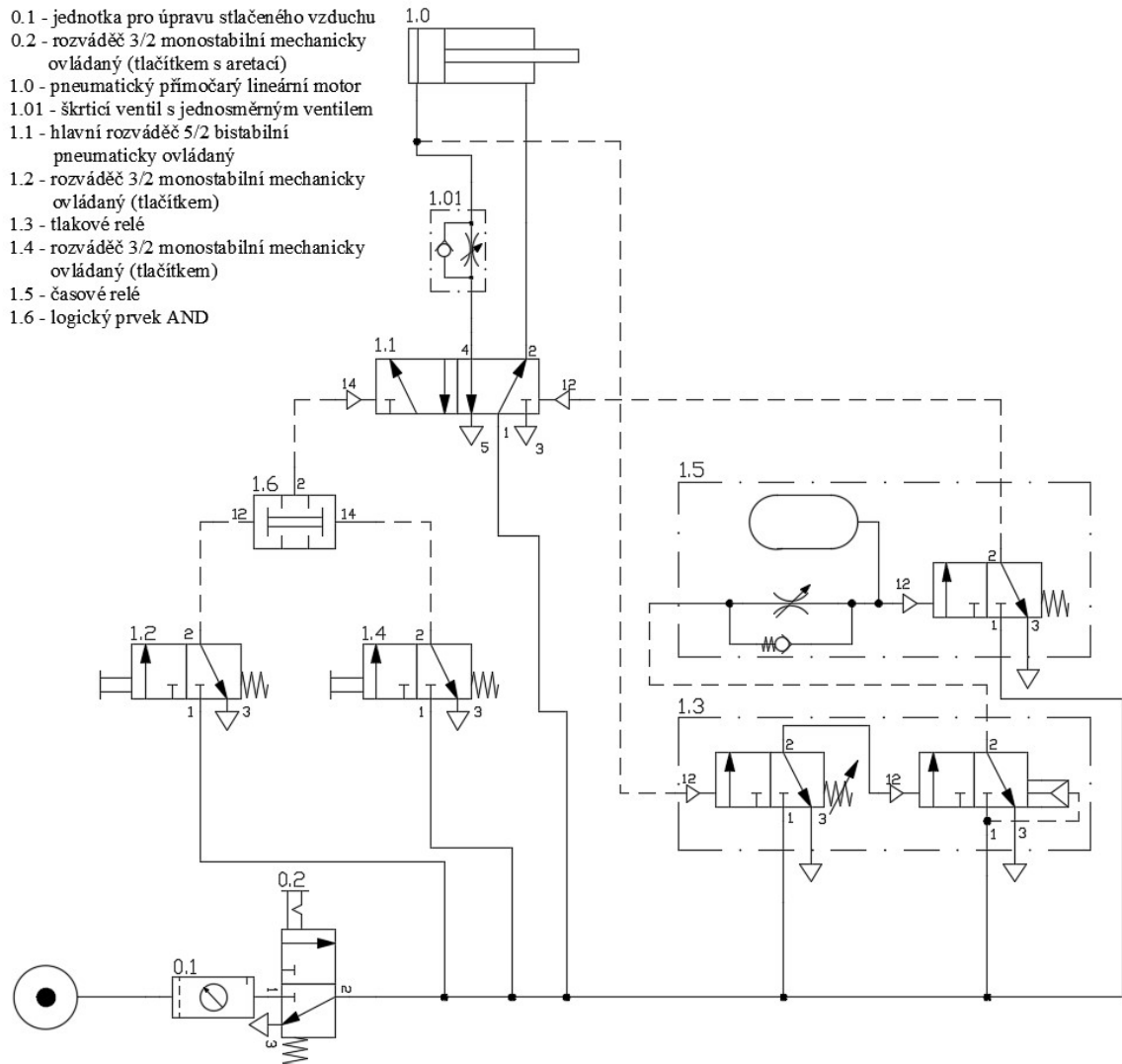


Obr. 22 Varianta č. 3

Pístnice se začne vysouvat po vykonání současného zamáčknutí tlačítek na rozváděčích 1.2 a 1.4 stejně tak, jako tomu bylo u varianty č. 2. Rozdíl nastává až při zasouvání pístnice zpět do původní polohy. Při zvýšení tlaku v obvodu se přestaví tlakové relé stejně jako tomu bylo u varianty č. 1 a č. 2, avšak stlačený vzduch nevydá hned signál pro přestavení hlavního rozváděče 1.1, ale jde přes časové relé 1.5. Časové relé, jak už název napovídá, je pneumatický prvek, díky kterému lze nastavit zpoždění signálu stlačeného vzduchu. Po uplynutí nastavené hodnoty času se hlavní rozváděč 1.1 přestaví a pístnice se začne zasouvat. Dá se využít i tehdy, kdy je zapotřebí zajistit potřebný časový interval, po který bude v systému tlak, který je požadován.

3.4 Varianta č. 4

Pohyb pístnice je realizován stejně jako u varianty č. 3. U této varianty je tlaková špička omezena pomocí škrticího ventilu, navíc zde můžeme ovlivňovat rychlost vysouvání pístnice.



Obr. 23 Varianta č. 4

Pístnice se začne vysouvat po současném zamáčknutí tlačítek na rozváděčích 1.2 a 1.4 a zasouvat zpět se začne stejně jako u varianty č. 3, kde je v obvodu stejné časové relé 1.5. Změna je tu taková, že mezi hlavním rozváděčem 1.1 a pneumatickým přímočarým lineárním motor 1.0 je umístěn škrticí ventil 1.01. Je zde z důvodu omezení tlakové špičky, která může nastat při počátku vysouvání pístnice, kdyby tlaková špička nebyla omezena, tak by se klidně mohlo stát, že se pístnice vůbec nevysune a nebude realizován proces lisování. Pokud by dosáhla hodnota tlakové špičky vyšší hodnoty, než je nastavena na tlakovém relé, mohlo by dojít k zasouvání pístnice dříve, než proběhne samotný proces.

Škrticí ventil 1.01 je opatřen by-passem pomocí jednosměrného ventilu, aby byla možnost regulovat vysouvání pístnice na vstupu. Při regulování vysouvání pístnice na výstupu (jak to ve většině případech bývá) by se tlaková špička neomezovala, ale mohla by klidně i narůstat, proto se zde musí provádět škrcení na vstupu i když je to nevýhodnější.

Nevýhodnější je to proto, protože u dvojčinného pneumatického přímočarého lineárního motoru způsobuje zapojení škrticího ventilu na vstupu nerovnoměrnost rychlosti vysouvání pístnice. Tato značná nerovnoměrnost rychlosti vysouvání pístnice je závislá na proměnlivosti zátěže. Škrticí ventil musí být umístěn, co nejbližše prvku, u kterého chceme snížit průtok vzduchu. To znamená, že hadice nebo potrubí musí být, co nejkratší. Čím delší hadice nebo potrubí je tím je větší také mrtvý objem, a to velmi nepříznivě ovlivňuje regulaci rychlosti proudění. Škrcení na vstupu se tedy používá jen u pneumatických přímočarých jednočinných motorů a také u pneumatických přímočarých motorů dvojčinných s malým objemem. U pneumatických přímočarých motorů dvojčinných s větším objemem se používá škrcení na výstupu. [1] [3]

V dnešní době se většina škrticích ventilů konstruuje přímo s by-passovým jednosměrným ventilem, který zajišťuje průtok pouze jedním směrem. V takovém případě již není možné škrticí ventil zapojit v libovolném směru. Většinou bývá na škrticím ventilu vyražena šipka, která značí, že tím směrem proudí vzduch plným průtokem. [3]

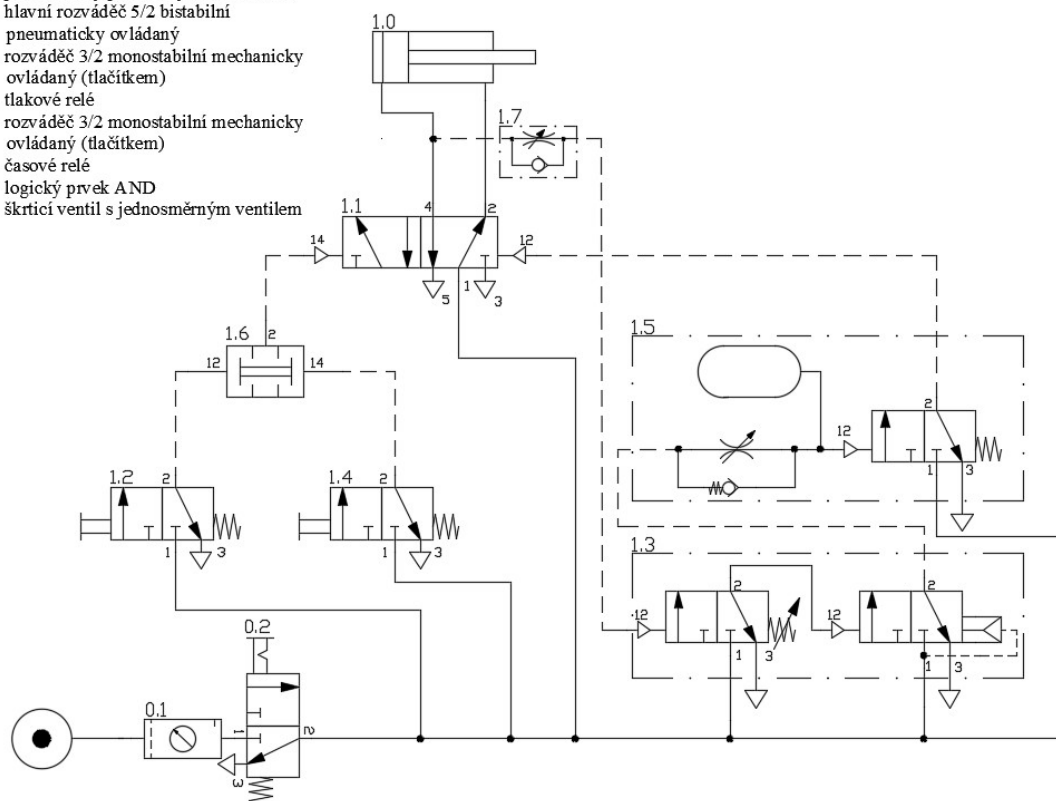


Obr. 24 Škrticí ventil GRO-QS-6 od firmy FESTO [17]

3.5 Varianta č. 5

Pohyb pístnice je realizován stejně jako u varianty č. 3. U této varianty je tlaková špička omezena pomocí škrticího ventilu.

- 0.1 - jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu
- 0.2 - rozváděč 3/2 monostabilní mechanicky ovládaný (tlačítkem s aretací)
- 1.0 - pneumatický přímočarý lineární motor
- 1.1 - hlavní rozváděč 5/2 bistabilní pneumaticky ovládaný
- 1.2 - rozváděč 3/2 monostabilní mechanicky ovládaný (tlačítkem)
- 1.3 - tlakové relé
- 1.4 - rozváděč 3/2 monostabilní mechanicky ovládaný (tlačítkem)
- 1.5 - časové relé
- 1.6 - logický prvek AND
- 1.7 - škrticí ventil s jednosměrným ventilem

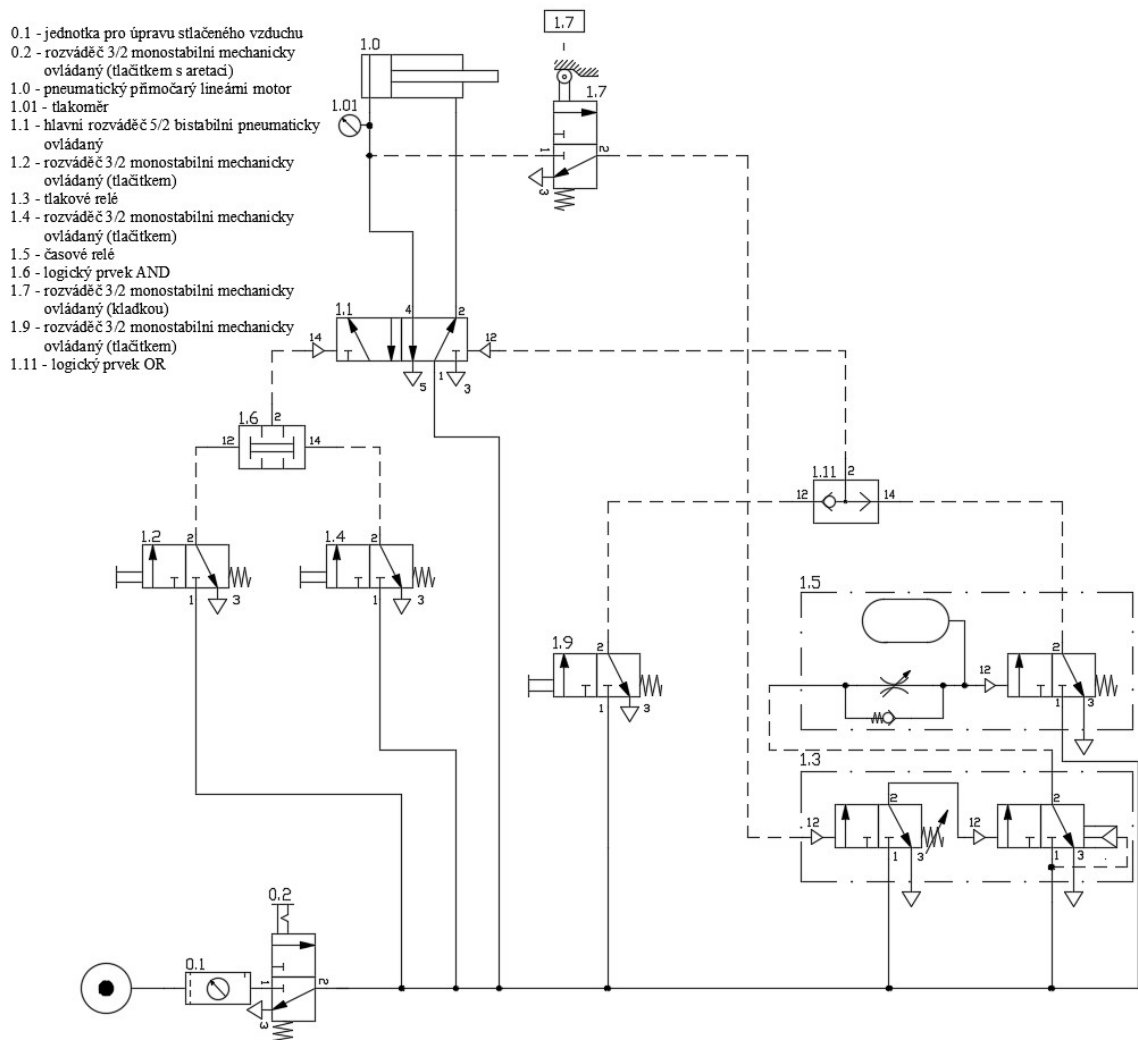


Obr. 25 Varianta č. 5

Vysouvání a zasouvání pístnice je zase stejné jako u varianty č. 3. Od varianty č. 4 se liší pouze v tom, že škrticí ventil 1.7 je umístěn přímo ve větvi, která vede do tlakového relé. Tím se dá omezit tlaková špička bez regulace rychlosti vysouvání pístnice. Tlaková špička by mohla způsobit stejný problém jako u předchozí varianty.

3.6 Varianta č. 6

Pohyb pístnice je realizován stejně jako u varianty č. 3. U této varianty je tlaková špička omezena pomocí toho, že pístnice musí vyjet až do koncové polohy.



Obr. 26 Varianta č. 6

Vysouvání a zasouvání pístnice je zase realizováno stejně jako u varianty č. 3. U této varianty nemůže dojít ke spuštění tlakového relé vlivem tlakové špičky. Pístnice se zde musí totiž vysunout do koncové polohy. Kvůli tomu je do obvodu vložen rozváděč 1.7, který propojí cestu, která byla u všech předchozích variant propojena od počátku.

Navíc je do systému vložen tlakoměr 1.01 a rozváděč 1.9. Jsou zde z důvodu bezpečnosti. Kdyby totiž tlak v systému narostl nad kritické hodnoty a pístnice by nebyla vysunutá až do koncové polohy, tak by se hlavní rozváděč 1.1 nepřestavil zpět do polohy, kdy se má pístnice zasouvat a mohlo by dojít k nenávratnému poškození celého obvodu.

3.7 Varianta č. 7

[illegible]

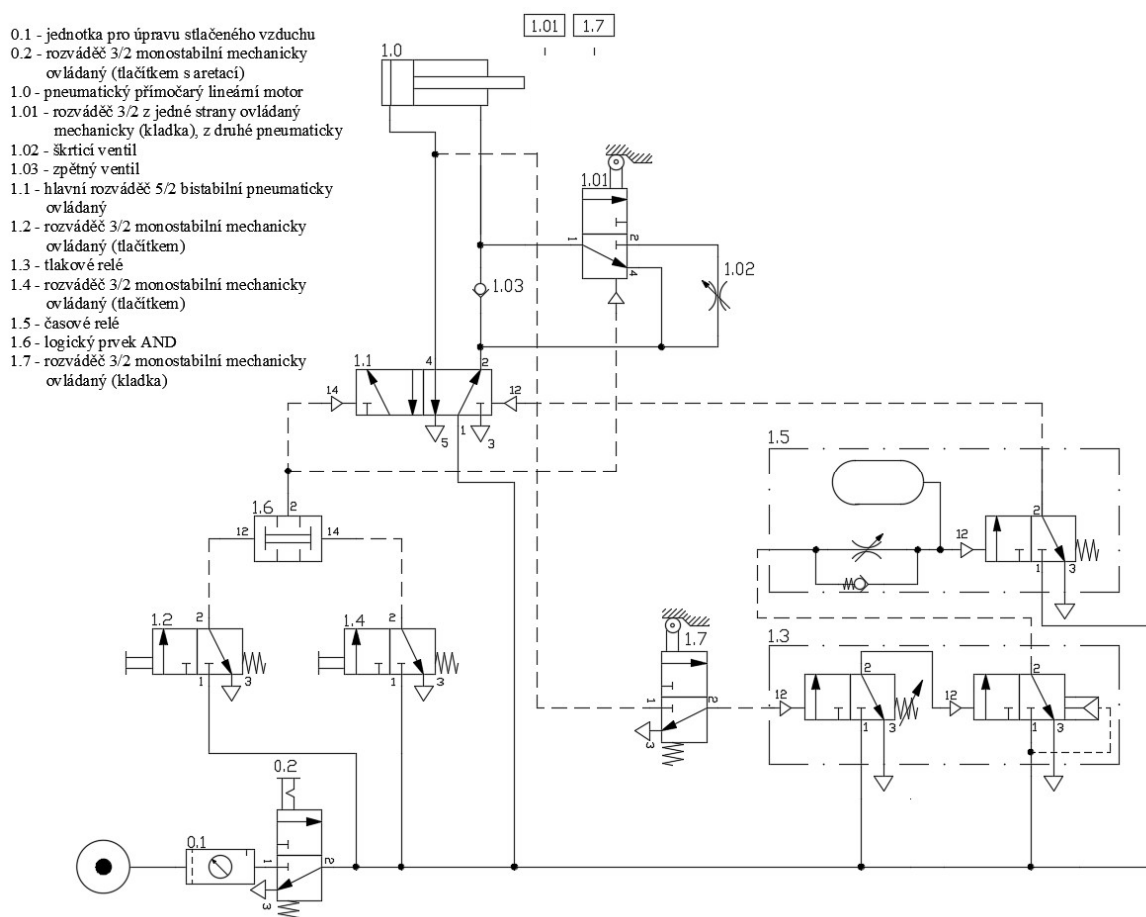
Vysouvání a zasouvání pístnice je realizováno stejně jako u varianty č. 3. Rozdíl nastává jen při zamáčknutí tlačítek na rozváděcích 1.2 a 1.4. U varianty č. 3 není určena doba, za jakou by měla být tlačítka zamáčknuta. To se dá zneužít a jedno z tlačítek může

obsluha zarazit tak, že by bylo pořád zamáčknuté a rozváděč by byl tedy otevřený. U varianty č. 8 však musí být tlačítka sepnuty současně.

Kdyby se zamáčklo tlačítko na rozváděči 1.2, tak se rozváděč přestaví do otevřené polohy. Přes logický ventil OR 1.8 by šel signál do časového relé 1.10 a to by po uplynutí určité doby uzavřelo cestu mezi logickým ventilem AND 1.6 a hlavním rozváděčem 1.1. To samé by nastalo i kdyby se zamáčklo samostatně tlačítko na rozváděči 1.4

3.8 Varianta č. 8

Obvod pracuje stejně jako varianta č. 3. Pistnice se však nejdříve vysouvá maximální rychlostí. Po dosažení určité vzdálenosti se vysouvuje pomaleji.



Obr. 28 Varianta č. 8

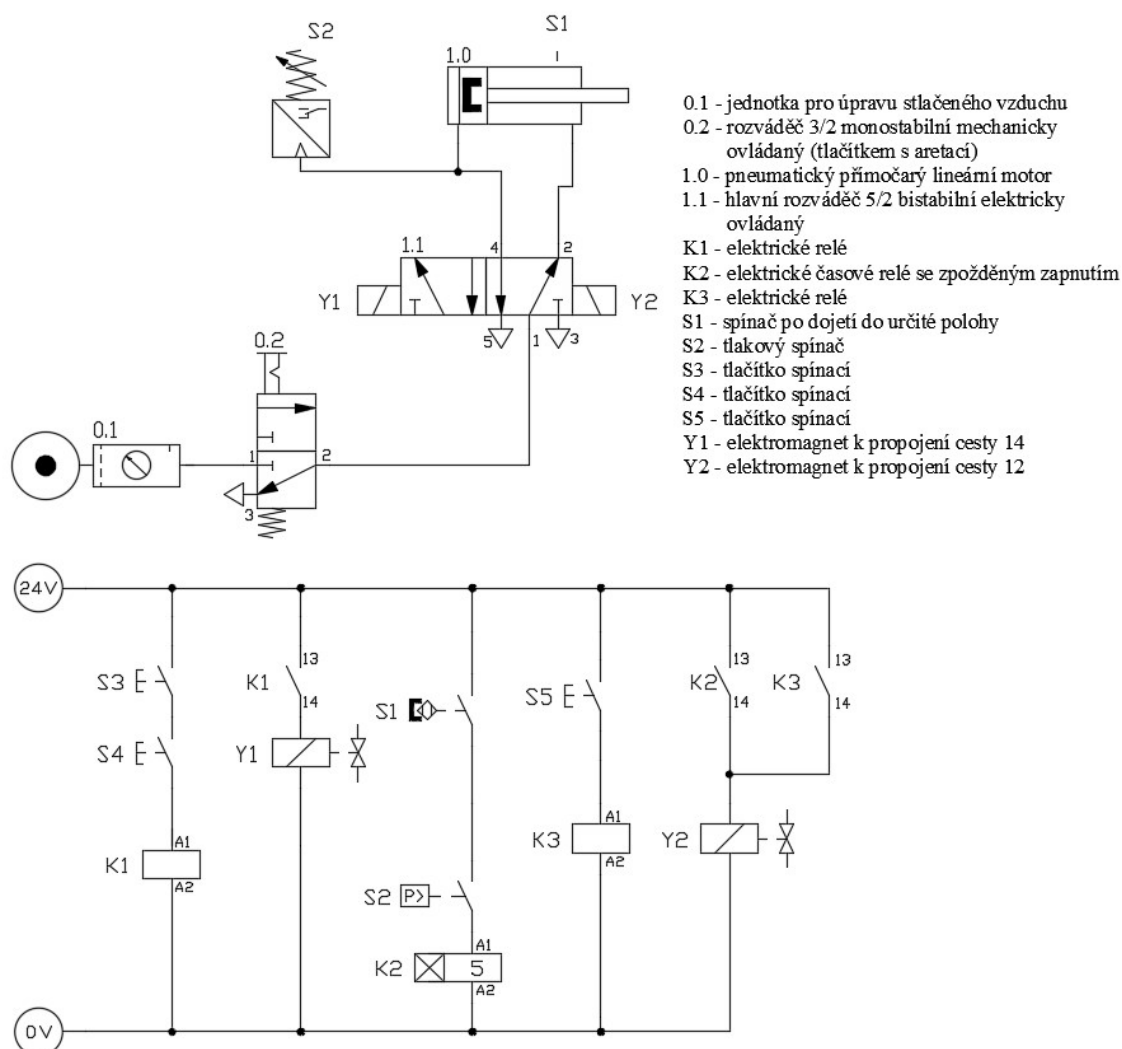
Vysouvání a zasouvání pístnice je realizováno stejně jako u varianty č. 3. Rozdíl je v tom, že pístnice se vysouvá maximální rychlostí pouze po dosažení polohy, ve které narazí

na kladku rozváděče 1.01. V tom okamžiku rozváděč přestaví a pístnice se vysouvá pomaleji. Pomalejší vysouvání způsobuje škrticí ventil 1.02.

Po dosažení koncové polohy je přiveden tlakový signál k tlakovému relé, které poté vyšle signál na časové relé. Po uplynutí doby, která je nastavena na časovém relé se vyšle signál na hlavní rozváděč 1.1, který se přestaví a pístnice se začne zasouvat zpět.

3.9 Varianta č. 9

Obvod plní úplně stejnou funkci jako varianta č. 6. Rozdíl je však v tom, že celý tento není jako u předchozích případu řízen pneumaticky, ale elektro-pneumaticky.



Obr. 29 Varianta č. 9

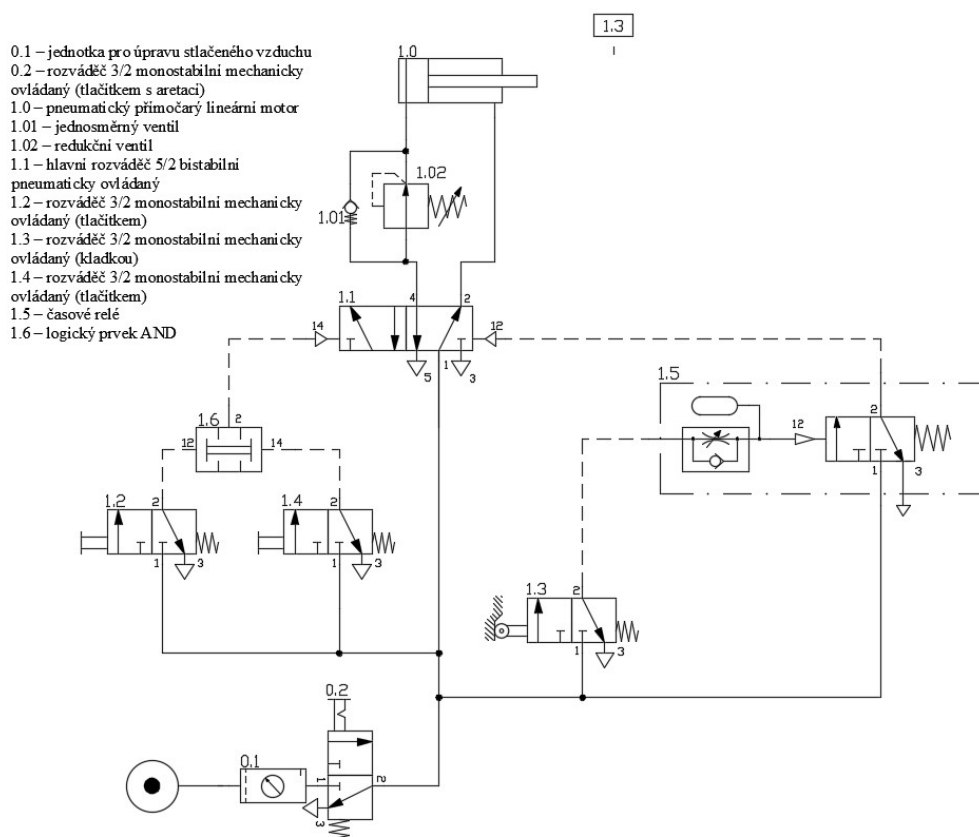
Funkce je obdobná jako u varianty č. 6. Rozdíl je v tom, že obvod není ovládán pneumaticky, ale elektropneumaticky.

Po zmáčknutí tlačítka S3 se přivede napětí elektrické relé K1, které sepne obvod a je přivedeno napětí na elektromagnet Y1. Hlavní rozváděč 1.1 se přestaví a pístnice pneumatického přímočarého lineárního motoru se začne vysouvat. Po dosažení koncové polohy je sepnut spínač S1 a po nárůstu tlaku nad nastavenou hodnotu se sepne i tlakový spínač S2. Sepnutí způsobí přivedení elektrického napětí na časové relé K2. Po uplynutí pěti sekund časové relé K2 spojí obvod s elektromagnetem Y2 a pístnice se začne zasouvat zpět.

V obvodu je umístěno tlačítko S4, které zde slouží jako bezpečnostní prvek. Po sepnutí tohoto tlačítka se přivede napětí na relé K3. To sepne obvod s elektromagnetem Y2 a pístnice se začne zasouvat zpět.

3.10 Varianta č.10

U této varianty není dosaženo požadovaného tlaku pomocí tlakového relé, ale pomocí redukčního ventilu. Ten udržuje konstantní tlak na výstupu. Redukční ventil je umístěný tak, že se dá řídit síla vysouvání pístnice. Řízení síly při zasouvání pístnice by se dalo zajistit otočením redukčního ventilu s jednosměrným ventilem. [6]



Obr. 30 Varianta č.10

Po současném zamáčknutí tlačítek na rozváděčích 1.2 a 1.4 se přestaví hlavní rozváděč 1.1. Přes hlavní rozváděč 1.1 proudí stlačený vzduch do redukčního ventilu 1.02. Redukční ventil je nastaven tak, aby byl výstupní tlak velký tak, jak je požadováno. Tlak v přímočarém pneumatickém motoru na straně pístu je stejně velký tlak jako za redukčním ventilem. [6]

Pístnice se vysouvá konstantní silou. Změna síly, se také projeví na rychlosti pohybu vysouvání pístnice. [6]

Při dosažení koncové polohy narazí pístnice na kladku rozváděče 1.3. Ten se přestaví a stlačený vzduch jde do časového relé. Po uplynutí času nastaveného na časovém relé se přestaví hlavní rozváděč 1.1 a pístnice přímočarého pneumatického motoru 1.0 se začne zasouvat. Stlačený vzduch, který je na straně pístu, neputuje do hlavního rozváděče 1.1 přes redukční ventil 1.02, ale přes jednosměrný ventil 1.01 a je odfukován do atmosféry.

Tohle řešení však nenahrazuje funkci tlakového relé. Mohlo by fungovat pouze v případě, kdyby se pístnice začala vysouvat při tlaku nastaveném na redukčním ventilu 1.02. Pístnice se však začíná vysouvat už při překonání pasivních odporů. Takže by mohlo dojít vykonání operace při nižším tlaku, než jaký je nastavený na redukčním ventilu a tím pádem by byl vyroben zmetek. To je velmi hrubý nedostatek tohoto zapojení.

4 Praktická realizace navržených obvodů

Dalším úkolem této bakalářské práce bylo odzkoušení navržených obvodů na pneumatickém praktikátoru. V laboratořích Katedry hydromechaniky a hydraulických zařízení jsou dostupné praktikátory od firmy SMC a od firmy Festo. Realizace byla provedena na praktikátoru od firmy SMC. Pouze prvek tlakové relé Obr. 31 je od firmy Aventics.



Obr. 31 Tlakové relé firmy AVENTICS

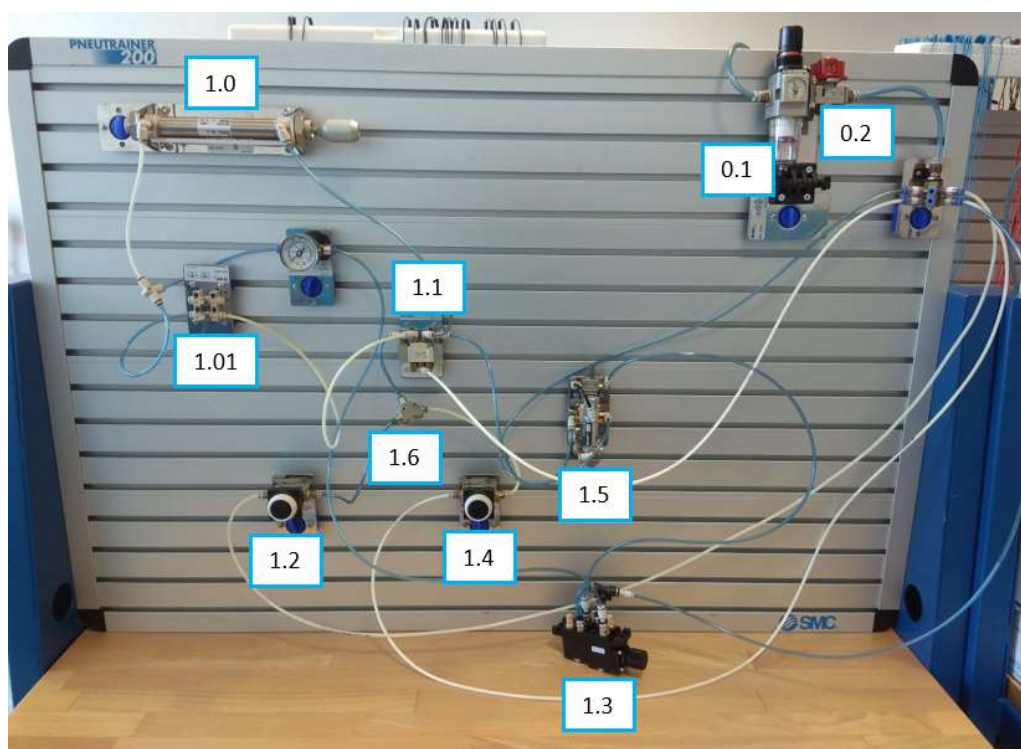
Na praktikátoru byly odzkoušeny pouze varianty č. 4, č. 5 a č. 6. Varianty č. 1, č. 2 a č. 3 zde nejsou, protože všechny odzkoušené varianty jsou rozšíření varianty č. 3, která je rozšířením varianty č. 2, která naopak rozšiřuje variantu č. 1. Varianta č. 7 je zase obdobou varianty č. 3, jen tlačítka na rozváděčích musí být zamáčknuta ve stejný okamžik. Varianta č. 8 je zase obdobou varianty č. 6, rozdíl je tam takový, že po dosažení určité vzdálenosti se začne pístnice vysouvat pomaleji. Varianta č. 9 je elektro-pneumatickou obdobou varianty č. 6 a u varianty č. 10 není použito tlakové relé. Proto jsou odzkoušeny pouze výše zmíněné varianty.

Ke všem odzkoušeným variantám byl ještě připojen tlakoměr (není v navržených schématech variant č. 4 a č. 5) z důvodu zjištění tlaku v systému. Popis prvků odpovídá popisu v navržených schématech. Odzkoušení všech variant proběhlo bez problémů, navržené obvody fungují podle předchozích popisů. Tlaková špička se ve zkoušených obvodech neprojevila, protože tlakové relé nejde nastavit na velmi nízký tlak. Tlaková

špička by se projevila, kdyby byl nastaven nějaký odpor proti pohybu pístnice, například hmotná zátěž.

4.1 Praktická realizace varianty č. 4

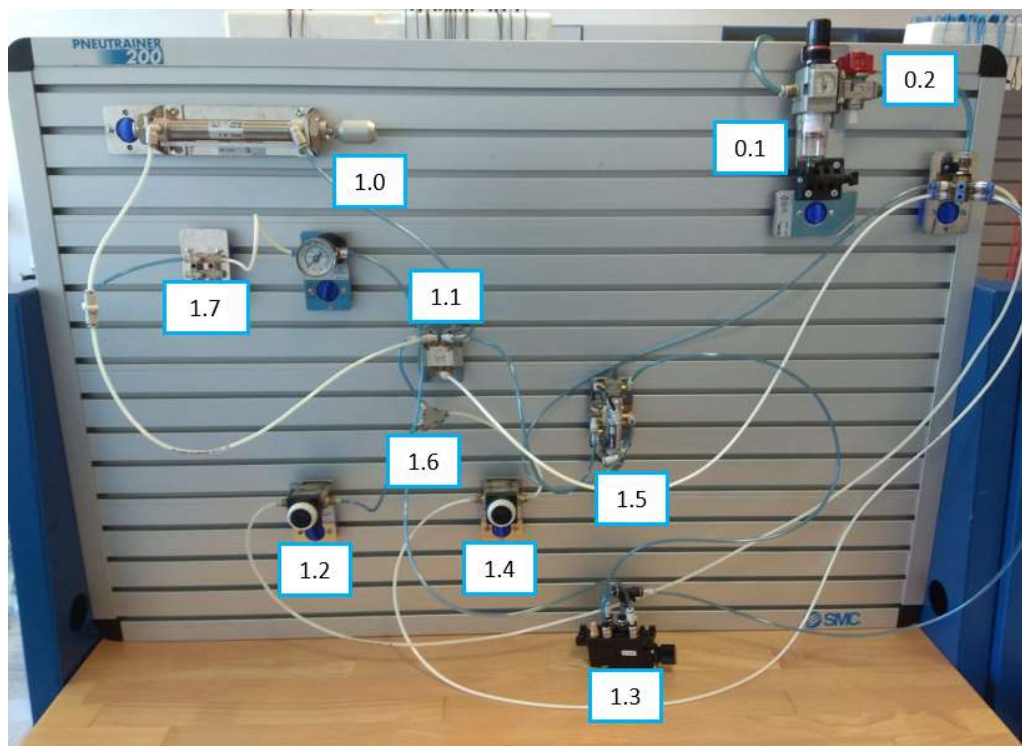
Realizace varianty č. 4 proběhla bez komplikací. Funkce odpovídá popisu, který je uveden u návrhu této varianty.



Obr. 32 Realizace varianty č. 4

4.2 Praktická realizace varianty č. 5

Realizace varianty č. 5 proběhla bez komplikací. Funkce odpovídá popisu, který je uveden u návrhu této varianty.



Obr. 33 Realizace varianty č. 5

4.3 Praktická realizace varianty č. 6

Realizace varianty č. 6 proběhla bez komplikací. Funkce odpovídá popisu, který je uveden u návrhu této varianty.



Obr. 34 Realizace varianty č. 6

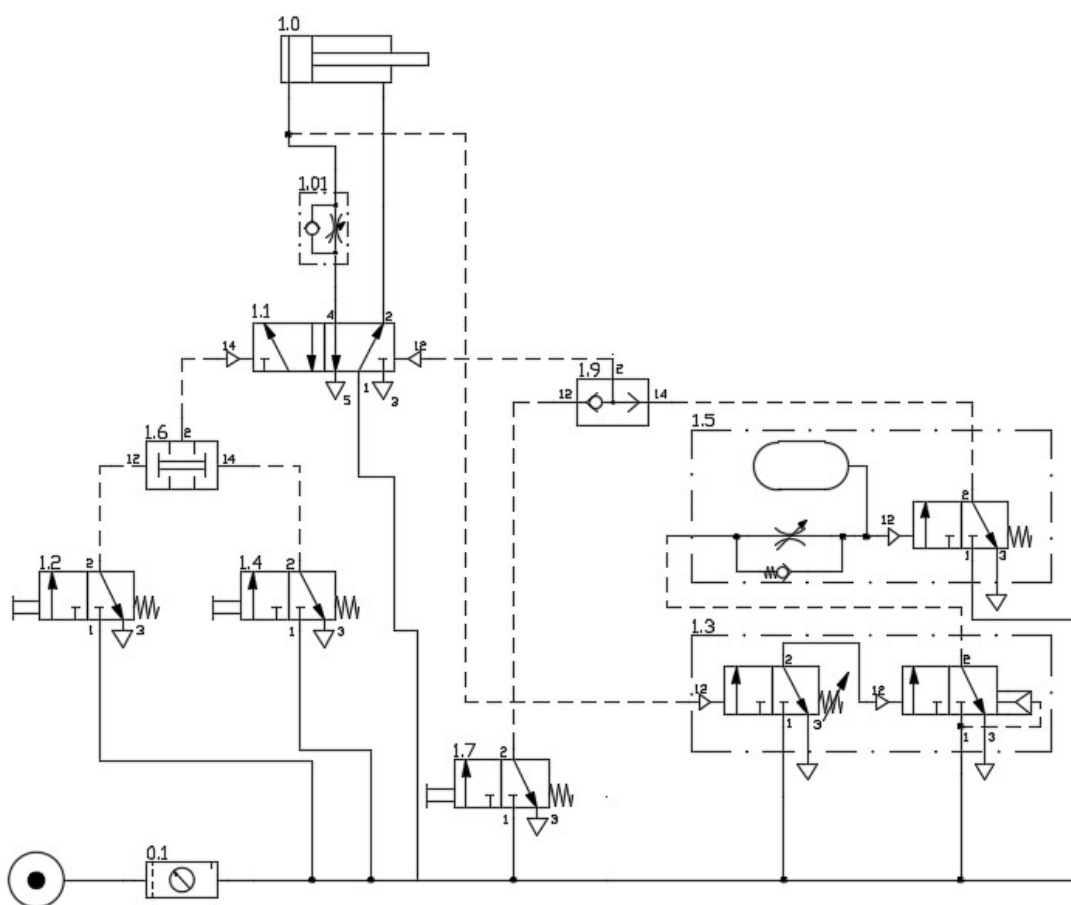
5 Příklady obvodů s tlakovým relé

V této kapitole je popsáno několik obvodů, ve kterých je použito tlakové relé. Modely jsou vytvořeny v programu Inventor Professional 2017. Kvůli přehlednosti, nejsou jednotlivé prvky v modelu propojeny hadicemi. Pneumatické prvky jsou vybrány z internetového katalogu firmy Festo. Konstrukční provedení jednotlivých lisů je podobné.

5.1 Pneumatický lis na ovoce a zeleninu

5.1.1 Schéma

Obvod vychází z varianty č. 4 jen je od obvodu zařazen monostabilní rozváděč 3/2 (1.7) a logický ventil OR (1.9). Jsou tam z důvodu bezpečnosti. Kdyby si obsluha všimla, že něco není v pořádku, tak může proces lisování ukončit právě tlačítkem na rozváděči 1.7.

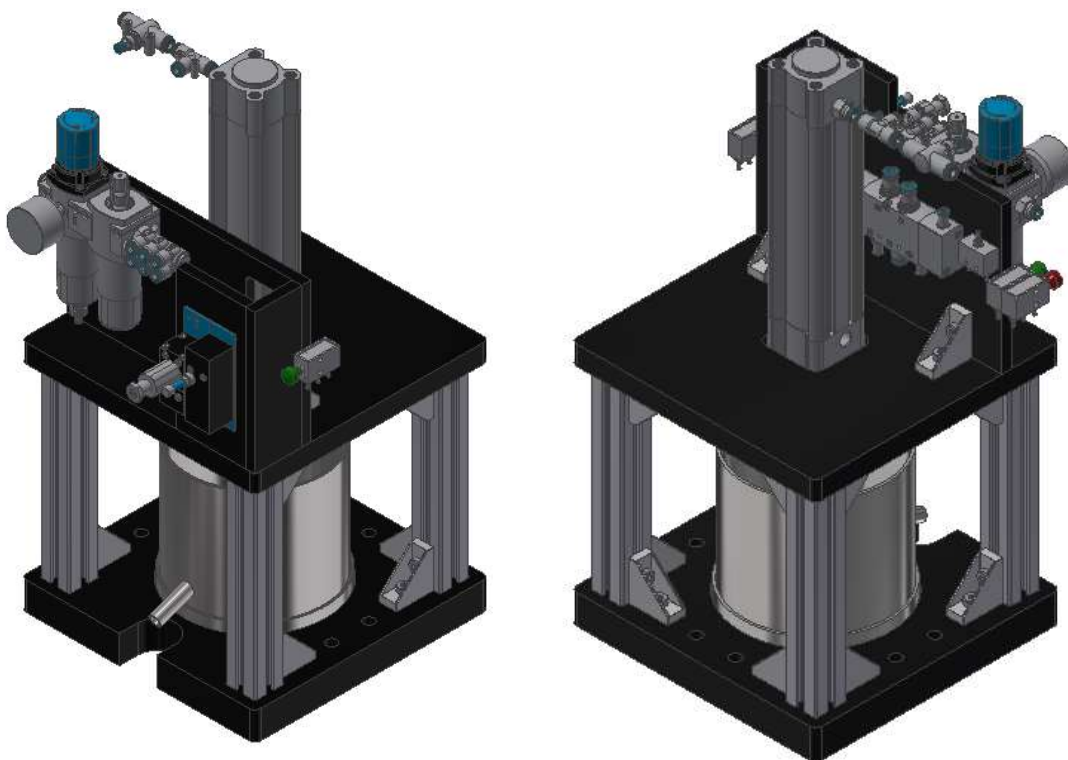


Obr. 35 Schéma obvodu pneumatického lisu na ovoce a zeleninu

5.1.2 Popis

Do nádoby se vloží ovoce nebo zelenina. Poté se nádoba zastrčí pod pneumatický přímočarý motor. Pod výtok z nádoby se umístí sklenice nebo miska, aby bylo možné šťávu následně dále používat. Po současném zamáčknutí zelených tlačítek začne proces lisování. Po dosažení tlaku nastaveném na tlakovém relé, bude proces lisování pokračovat určitý čas, který je nastaven na časovém relé. Po uplynutí doby se proces lisování ukončí pístnice přímočarého pneumatického motoru se zasune zpět a nádoba se může vytáhnout a vyčistit nebo znova naplnit stejným druhem ovoce, popřípadě zeleniny.

Rychlost lisování můžeme řídit škrtícím ventilem na vstupu do pneumatického přímočarého motoru.

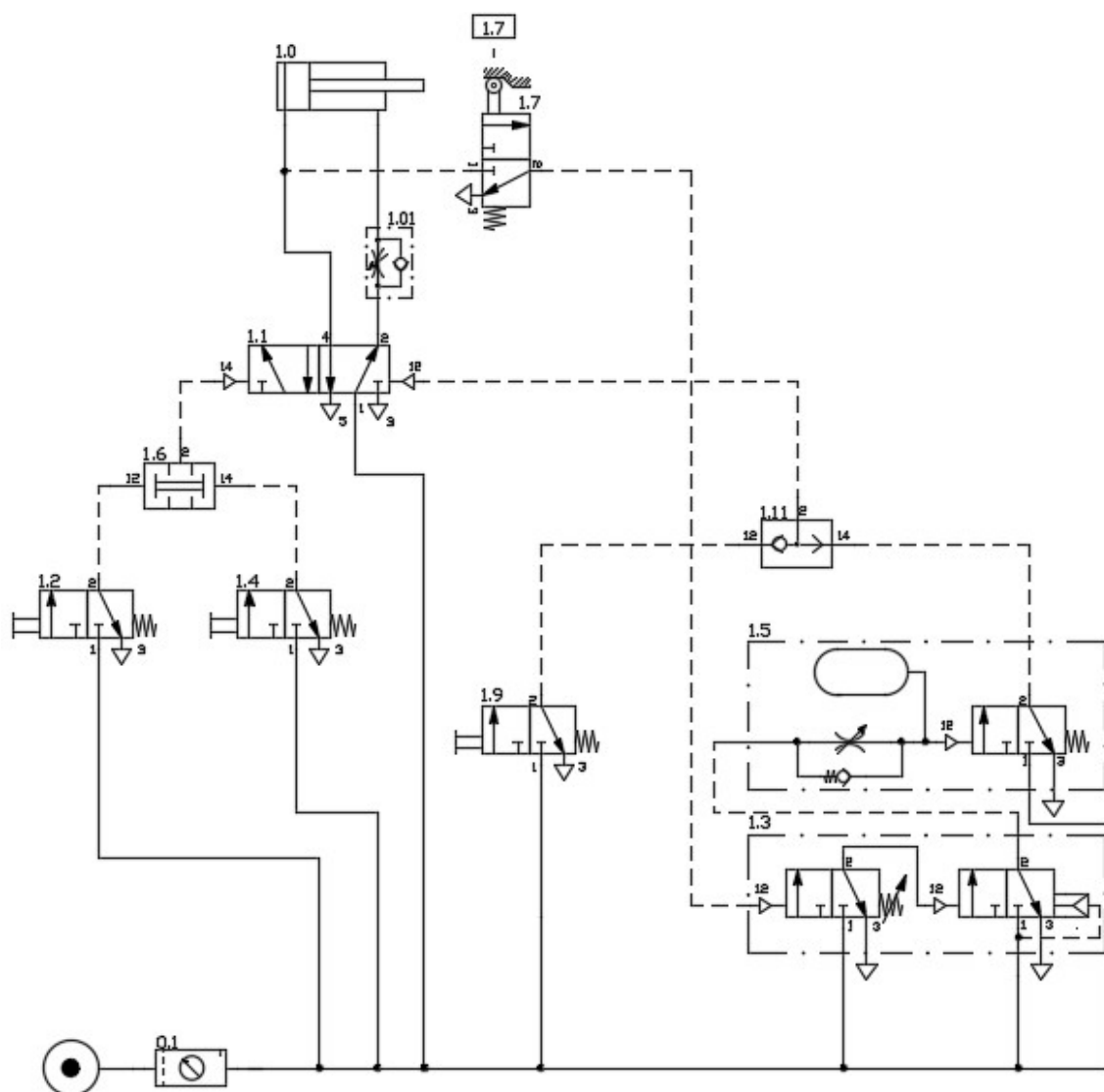


Obr. 36 Model pneumatického lisu na ovoce a zeleninu

5.2 Pneumatický lis k zalisování vík na sklenice zavařenin

5.2.1 Schéma

Obvod vychází z varianty č. 6 jen je od obvodu zařazen škrticí ventil 1.01, se kterým můžeme regulovat rychlost zalisování. Je zapojen na výstupu, protože u této varianty nemůže nastat aktivace tlakového relé dříve než pístnice pneumatického přímočarého motoru 1.0 nevyjede do koncové polohy.

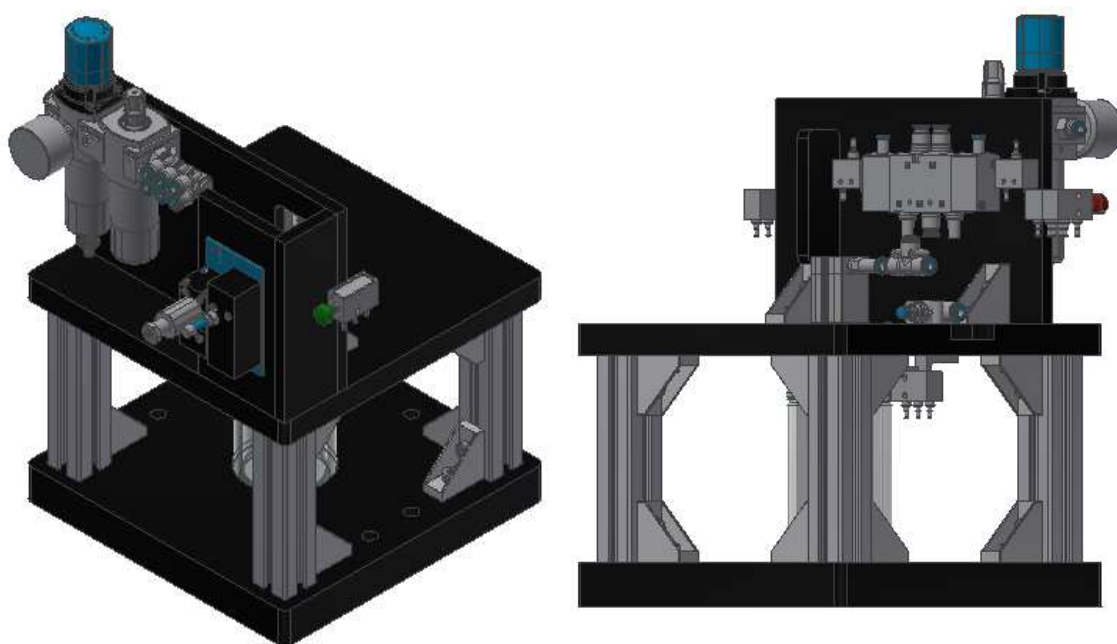


Obr. 37 Schéma pneumatického lisu k zalisování vík na sklenice zavařenin

5.2.2 Popis

Sklenice se zavařeninou je umístěna po pneumatický přímočarý motor. Na sklenici se nasadí víko a současným zamáčknutí zelených tlačítek začne proces zalisování. Nejprve se lisovací kotouč, který je našroubován na pístnici, dotkne víka a poté jej zalisuje na sklenici. Po zalisování víka do koncové polohy se kotouč dotkne kladky na rozváděči 1.7 a to aktivuje tlakové relé. Po dosažení tlaku nastaveném na tlakovém relé, bude proces lisování pokračovat určitý čas, který je nastaven na časovém relé. Po uplynutí doby se proces lisování ukončí pístnice přímočarého pneumatického motoru se zasune zpět. Po dokončení už zbývá jenom vytáhnout sklenici se zavařeninou a celý proces může začít znova.

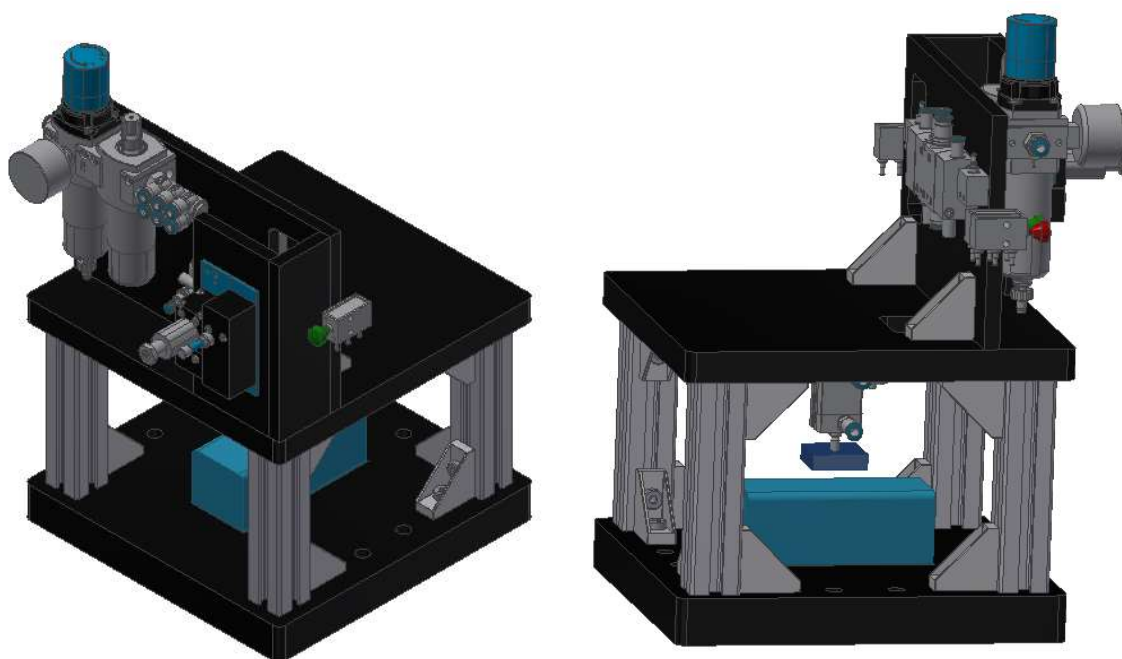
Škrticí ventil 1.01 škrtí na výstupu z důvodu lepší rovnoměrnosti vysouvání pístnice. Sklo je totiž velmi křehký materiál a nerovnoměrným vysouváním by mohla sklenice prasknout. To je nebezpečné pro obsluhu, která by mohla být zraněna. Pro lis to nebezpečné není, ale celá základní deska by se musela očistit od malých střepů a zavařeniny, což by velmi narušilo pracovní proces.



Obr. 38 Model pneumatického lisu k zalisování vík na sklenice zavařenin

Prudký nárůst tlaku (tlaková špička) při začátku vysouvání pístnice je omezen škrticím ventilem, který je umístěn před tlakové relé.

Hloubku vytlačení nápisu je možno nastavovat tloušťkou razítka, vkládáním podložek pod svíčku, anebo zmáčknutím bezpečnostního červeného tlačítka. U poslední zmíněné možnosti však nedojde k vytlačení v požadovaném tlaku, a tak výsledný vytlačený obraz může být zdeformovaný.



Obr. 40 Model pneumatického lisu k vytlačování nápisů do svíček

6 Závěr

Práce se zabývá tlakovým relé a jeho použitím v pneumatických systémech. Úvod je věnován pneumatickým rozváděčům, elektrickému relé, ale hlavně teoretickému rozboru tlakového relé, jeho kombinací s jinými pneumatickými prvky. Dále je v úvodní části zmíněno, že každý výrobce nazývá tlakové relé jinak. Tyto prvky jsou následně popsány. Nakonec je zde zmínka také o pneumatickém spínači a jeho variantách (N.O. a N.C.).

V následující části této práce se věnuji návrhu obvodů, které pracují s tlakovým relé. Za tímto účelem je v práci navrženo osm variant, které používají tlakové relé, devátá varianta používá místo tlakového relé tlakový spínač a desátá varianta ukazuje, jak by se teoreticky za určitých podmínek dala obejít funkce tlakového relé. Ovšem tato varianta je pouze teoretická. Dále jsem chtěl ještě navrhnout variantu, ve které bych nepoužil tlakové relé, ale dokázal bych ho vhodně nahradit a zachovat jeho funkci. Bohužel se mi na takové řešení přijít nepodařilo.

Po navržení obvodů jsem odzkoušel vybrané varianty na pneumatickém praktikátoru od firmy SMC, který je k dispozici na Katedře hydromechaniky a hydraulických zařízení, pouze tlakové relé bylo použito od firmy Aventics. Praktickou realizaci obvodů jsem dělal za účelem dodržení požadované funkce obvodu. Při odzkoušení jsem došel k závěru, že navržené obvody plní požadovanou funkci.

V závěrečné části práce jsem navrhl tři modely pneumatických lisů, které používají prvek tlakové relé. Všechny vybrané pneumatické prvky k těmto lisům jsem vybíral z internetového katalogu firmy Festo.

Seznam použité literatury

- [1] KOPÁČEK, Jaroslav. Pneumatické mechanismy. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-306-0.
- [2] KOPÁČEK, Jaroslav. Pneumatické mechanismy. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1997. ISBN 80-7078-498-9.
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. SMC Training - Stlačený vzduch a jeho využití. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 3. vydání. 344 s
- [4] CAMOZZI COMPETENCE CENTRE. Pneumatic Automation From Basic Principles to Practical Techniques., Brescia: Camozzi Automation S.p.A., 2019, 215 p.
- [5] MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. Fundamentals of Fluid Power Part 2: Pneumatics. Aachen: Shaker Verlag, 2014. 333 p. ISBN 978-3-8440-3213-0.
- [6] KOPÁČEK, Jaroslav a Miloslav ŽÁČEK. Pneumatická zařízení strojů. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0442-5.
- [7] MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŇUPÁREK. Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. přepr. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.
- [8] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [9] How a Pressure Switch Works [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z: https://www.instrumentationtoolbox.com/2011/06/how-pressure-switch-works.html?fbclid=IwAR1xf6rJzKRLvIC6uBGAKCvBuyz7Z9wEzup-RHDRa2Yyg8a_gRnBAJMih3Y
- [10] Rozváděče a ventily pneumatického obvodu [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z: http://www.spspb.cz/wp-content/uploads/dumy/str/VY_32_INOVACE_BE_STR_18.pdf
- [11] MECHATRONIKA [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z: <http://www.spssou-pe.cz/userfiles/file/projekty/opvk/mechatronika.pdf>

[12] Tlakové spínače [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z:

<https://www.aventics.com/cz/cs/pneumatics-shop/tlakove-spinace-pro.839512>

[13] SYJ5000, Elektromagnetický nepřímý ovládaný 5/2 a 5/3 ventil, se závity v tělese / montáž na základovou desku [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z:

<https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/syj5000-elektromagneticky-neprimo-ovladany-5-2-a-5-3-ventil-se-zavity-v-telese-montaz-na-zakladovou-desku~37397~cfg?partNumber=SYJ5120-1DO-C4-Q+%28CE+certifikace%29>

[14] Webasto Relé 12V RELÉ [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z:

<https://www.adusservis.cz/webasto-rele-12v-rele--12v-min-2a-83699/>

[15] Lock-Up Valve IL201/211/220 Series [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z:

https://static.smc.eu/pdf/IL1_200.pdf

[16] kompaktní systém M5 [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z:

https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_M5?CurrentIDCode1=vd-3-pk-3&CurrentPartNo=9270

[17] zástavba do vedení GRO [online]. [cit. 2020-04-08] Dostupné z:

https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_GRO?CurrentIDCode1=GRO-QS-6&CurrentPartNo=193973